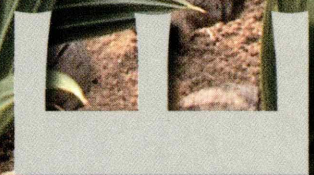
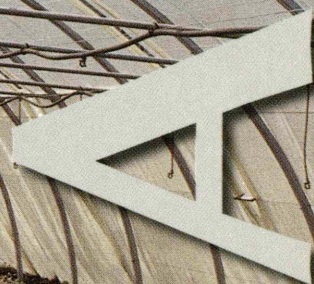
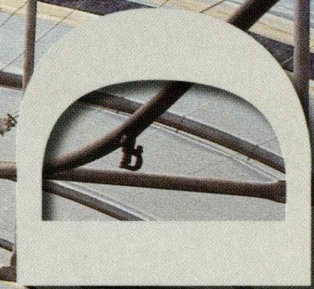




Le Cirad en 1997



Le Cirad en 1997

Le Cirad, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, est un organisme scientifique spécialisé en agriculture des régions tropicales et subtropicales. Sous la forme d'un établissement public, il est né en 1984 de la fusion d'instituts de recherche en sciences agronomiques, vétérinaires, forestières et agroalimentaires des régions chaudes.

Sa mission : contribuer au développement de ces régions par des recherches, des réalisations expérimentales, la formation, l'information scientifique et technique.

Il emploie 1 800 personnes, dont 900 cadres, qui interviennent dans une cinquantaine de pays. Son budget s'élève à 1 milliard de francs, dont plus de la moitié provient de fonds publics.

Le Cirad comprend sept départements de recherche : cultures annuelles (Cirad-ca) ; cultures pérennes (Cirad-cp) ; productions fruitières et horticoles (Cirad-flhor) ; élevage et médecine vétérinaire (Cirad-emvt) ; forêts (Cirad-forêt) ; territoires, environnement et acteurs (Cirad-tera) ; amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique (Cirad-amis). Le Cirad travaille dans ses propres centres de recherche, au sein de structures nationales de recherche agronomique des pays partenaires, ou en appui à des opérations de développement.

Le Cirad en 1997

Sommaire

Le message du président

7

Le Cirad,
acteur de la recherche
agricole mondiale

8

Cultures annuelles

14



Cultures pérennes

24



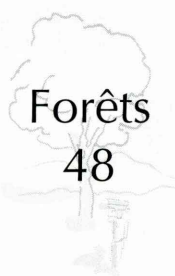
Productions fruitières et horticoles

32



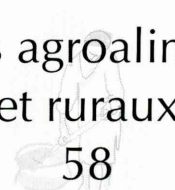
Sommaire

Elevage
et médecine vétérinaire
40



Forêts
48

Systèmes agroalimentaires
et ruraux
58



Gestion, recherche, documentation
et appui technique
64



Le Cirad en bref
75

Annexes
89

Le message du président

Développer des relations de confiance avec tous ses partenaires et anticiper les événements, c'est dans cet état d'esprit que le Cirad a travaillé en 1997.

L'évolution du monde nous conduit tout à la fois à mieux cibler notre stratégie et à diversifier nos actions. Le Cirad continue donc de travailler avec des centres de recherche des pays du Sud et il développe activement son partenariat avec des organisations à caractère régional. Il apporte son concours aux institutions publiques comme aux entreprises privées, il conduit des recherches et valorise ses résultats. Pour améliorer la qualité de ses travaux et ainsi toujours mieux contribuer au développement rural des régions chaudes, il s'associe par exemple à des organisations de producteurs ou à des organisations non gouvernementales. Par ailleurs, le nombre de laboratoires communs entre le Cirad, l'Inra, l'Orstom et des universités françaises croît, et je m'en réjouis. Ce sont les bases de la construction d'un système de recherche agronomique français pour le développement, et les lieux dans lesquels nous serons le plus à même d'accueillir dans des conditions optimales des chercheurs des pays du Sud et du Nord.

Jacques Poly, qui a été le premier président de notre conseil d'administration, nous a quittés en 1997. Je tiens à honorer sa mémoire, car c'était un homme visionnaire et chaleureux qui a su très tôt préparer le Cirad aux enjeux du XXI^e siècle. Il a compris en profondeur la mission du Cirad. Il l'a encouragé à s'allier avec des acteurs très divers ainsi qu'à utiliser des outils modernes de la science tels que les biotechnologies. Aujourd'hui, nous récoltons les fruits de ses initiatives et nous intensifions le mouvement qu'il a impulsé.

Les crises financières et structurelles en Asie et les évolutions économiques et politiques en Afrique nous montrent une fois de plus que l'avenir n'est pas la simple continuation du passé. C'est la raison pour laquelle tous les agents du Cirad doivent avoir un esprit prospectif et sortir des positions acquises pour aller de l'avant. La réforme de l'organisation et du fonctionnement qui a été adoptée donne au Cirad davantage de souplesse et de mobilité pour réagir rapidement. La structure est plus simple et mieux ciblée, ce qui facilite le dialogue avec nos partenaires, notamment les entreprises. Pour des associations créatives avec nos collègues du Sud et du Nord, je souhaite que nous ayons une forte exigence de qualité scientifique et un grand désir d'aboutissement et d'innovation.



Guy Paillotin
Président du Cirad



Nouvelle organisation, nouvelle stratégie

Le Cirad, acteur de la recherche agricole mondiale

*L'année 1997 restera inscrite
dans la mémoire collective
du Cirad comme l'année
d'une réforme en profondeur.
En renouvelant son organisation,
sa gestion et son fonctionnement,
le Cirad se donne les moyens
d'occuper une position stratégique
dans le système mondial
de la recherche agricole
pour le développement.
Pour mieux préparer l'avenir
dans un contexte en pleine mutation.*

C'est un Cirad profondément rénové qui s'est mis en place le 1^{er} janvier 1998. Ainsi, il aura fallu douze mois pour boucler, dans ses principes, la réforme lancée à la fin de l'année 1996. Douze mois de réflexion, de concertation, de débats, tant au sein de l'établissement qu'avec ses partenaires.

Adoptée par le conseil d'administration le 11 décembre 1997, cette réforme touche à la fois l'organisation du Centre et ses modes de fonctionnement et de gestion. En simplifiant sa structure, elle donne plus de lisibilité à ses priorités de recherche. En remodelant son fonctionnement selon le principe d'unicité de l'établissement, elle en allège la gestion et favorise la création d'outils communs au service des responsables.

Au départ fragmenté en une soixantaine d'entités, unités de recherche et programmes, le potentiel scientifique du Cirad est désormais concentré en vingt-huit programmes, organisés selon trois axes : les filières agricoles, le développement régional, les thématiques scientifiques.

Cinq départements voient leurs activités dédiées aux filières : cultures annuelles, cultures pérennes, productions fruitières et horticoles, élevage et médecine vétérinaire, forêts. En réduisant de plus de vingt à quatorze le nombre de filières de production sur lesquelles il travaille, le Cirad concentre ses forces dans les domaines d'excellence qui lui sont reconnus. Il valorise ainsi une expérience spécifique, acquise et enrichie au cours de nombreuses années de recherche dans les pays du Sud. Il se montre aussi soucieux de jouer la complémentarité avec les autres institutions scientifiques, par exemple les centres internationaux de recherche agricole.

AU CROISEMENT DE L'AGRONOMIE ET DE L'ENVIRONNEMENT

En créant un département consacré au développement régional, le Cirad a voulu afficher sa volonté de répondre aux besoins des décideurs, Etats, collectivités locales ou associations de producteurs, chargés d'aménager l'espace et de gérer durablement les ressources. Ce département abrite notamment les équipes qui travaillent dans les projets écorégionaux,

comme le Pôle sur les systèmes irrigués ou le Prasac, lieux privilégiés de partenariat tant avec les systèmes nationaux de recherche agricole du Sud qu'avec les institutions scientifiques du Nord et les centres internationaux. Au croisement de l'agronomie et de l'environnement, l'étude intégrée des facteurs techniques, économiques et humains qui régissent les dynamiques de développement à l'échelle de la parcelle, du terroir ou de la région est d'autant plus féconde que projets de terrain et acquis méthodologiques sont mis en cohérence. Une telle approche recèle un potentiel de rénovation scientifique puissant que le Cirad entend mettre en valeur.

Enfin, les programmes d'appui scientifique, regroupés dans un nouveau département et conduits pour l'essentiel à Montpellier et dans les Dom-Tom, apportent aux autres programmes du Cirad, comme à ses partenaires, un soutien méthodologique et gèrent pour eux les équipements scientifiques lourds. La constitution d'équipes de taille critique permettra de mieux aborder les thématiques dont l'enjeu est aujourd'hui fondamental pour les pays du Sud. C'est le cas notamment de deux programmes, l'un dédié aux biotechnologies et à la biologie moléculaire, pour améliorer et diffuser des variétés tropicales plus productives et respectueuses de l'environnement, l'autre à la transformation agroalimentaire des produits, pour répondre aux besoins des consommateurs et aux nécessités économiques des filières.

Après la conception du cadre scientifique de l'établissement, la réforme est entrée dans sa seconde phase : l'organisation des services d'appui technique et de gestion. Information et documentation, édition, informatique, administration et comptabilité, chacun de ces secteurs est aujourd'hui organisé selon le principe de filière professionnelle unique et doté de règles harmonisées. Communs à tous les départements du Cirad, ces services seront en mesure de fournir aux responsables les outils indispensables à la conduite de leurs activités.

La création d'une direction des ressources humaines, chargée de la gestion des carrières et des compétences, a été l'un des moments forts de cette étape. Mise en place le 1^{er} janvier 1998, elle veillera en par-

Les vingt-huit programmes du Cirad

Cultures annuelles	Les filières des cultures annuelles étudiées par le Cirad sont majoritairement aux mains des petits agriculteurs. Secteur clé pour la sécurisation des revenus en milieu rural, elles sont aussi le cadre dans lequel naissent des entreprises nationales de transformation et de commercialisation. Leur développement passe aujourd'hui par l'organisation des producteurs, seule en mesure de pallier le désengagement des Etats.	<ul style="list-style-type: none">• Canne à sucre• Coton• Cultures alimentaires• Ecosystèmes cultivés
Cultures pérennes	Centrées sur les grandes cultures d'exportation des tropiques humides, les compétences du Cirad en matière de cultures pérennes sont originales et reconnues. Au moment où les petites exploitations voient leur rôle croître dans la production, l'enjeu est de concilier compétitivité sur les marchés internationaux, liée à l'exigence de qualité des firmes de transformation, et durabilité des systèmes de culture.	<ul style="list-style-type: none">• Cacao• Café• Cocotier• Hévéa• Palmier à huile
Productions fruitières et horticoles	Les cultures de fruits, de légumes et de fleurs tiennent une place particulière dans les stratégies paysannes de diversification. Face à la consommation urbaine de produits frais, en forte croissance, ce secteur est appelé à jouer un rôle primordial dans la modernisation de l'agriculture des pays en développement.	<ul style="list-style-type: none">• Arboriculture fruitière• Bananiers et plantains• Productions horticoles
Elevage et médecine vétérinaire	De la santé des animaux, qui passe par la mise au point de traitements et de vaccins, à la transformation des produits pour alimenter en protéines les marchés urbains, les filières de l'élevage sont au cœur du développement économique des pays du Sud. Leur essor prend en compte le nécessaire partage de l'espace et de la ressource entre éleveurs et agriculteurs, pour une gestion raisonnée et durable des terroirs.	<ul style="list-style-type: none">• Ecosystèmes naturels et pastoraux• Productions animales• Santé animale
Forêts	Immense réservoir de la biodiversité végétale et animale de la planète, la forêt tropicale est un écosystème dont le fonctionnement global, particulièrement complexe, est encore mal connu. Sa préservation exige la définition de modes d'exploitation raisonnés et économes, garanties d'une reproduction durable de la ressource. Elle implique aussi le développement de la sylviculture et des plantations pour faire face à la croissance rapide de la demande mondiale.	<ul style="list-style-type: none">• Arbres et plantations• Bois• Forêts naturelles
Territoires, environnement et acteurs	Stratégies individuelles et collectives, réglementations foncières et économiques, modes d'exploitation des ressources interagissent et commandent ensemble les dynamiques sociales et spatiales. Comprendre ces interactions, à l'échelle du terroir comme à celle de l'éco-région, est la condition première d'un développement rural mieux maîtrisé.	<ul style="list-style-type: none">• Agricultures familiales• Espaces et ressources• Savanes et systèmes irrigués• Tropiques humides
Amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique	En regroupant par thématique scientifique des compétences autrefois dispersées, le Cirad pérennise son potentiel de recherche. De nouveaux liens se nouent avec les organismes de recherche français et européens. Cette mise en commun d'équipements et de méthodes scientifiques est au service des autres programmes. Elle profite aussi aux chercheurs du Sud, que le Cirad accueille en formation dans ses laboratoires.	<ul style="list-style-type: none">• Agroalimentaire• Agronomie• Biotechnologies et ressources génétiques végétales• Economie, politiques et marchés• Modélisation des plantes• Protection des cultures

ticulier à adapter les compétences aux besoins futurs de l'organisme.

Pourquoi conduire une telle réforme ? L'avenir du Cirad tient à sa capacité à occuper des positions stratégiques sur la scène internationale de la recherche pour le développement, à sa reconnaissance comme partenaire scientifique de qualité. C'est bien le sens de l'organisation mise en place : afficher sans ambiguïté les points forts de l'établissement et lui donner les moyens d'optimiser ses compétences.

PARMI LES PRIORITÉS DU CIRAD

La décision de renforcer un certain nombre de thématiques scientifiques est le fruit de la réflexion en profondeur conduite en 1997 sur le contour et le contenu des programmes.

Ainsi, l'accent sera mis sur les recherches en agromonie, dans une démarche interdisciplinaire et multi-échelle. Il s'agit de comprendre et simuler les effets des interventions agricoles sur le milieu, de modéliser le fonctionnement des peuplements végétaux, puis d'intégrer ces connaissances à l'échelle de la plante, de la parcelle de culture, de l'exploitation agricole, de la région. L'objectif est de proposer des systèmes de culture et de production qui assoient la viabilité économique des sociétés rurales, respectent leurs modes d'organisation et préservent leurs ressources naturelles.

De la même façon, les recherches en sciences sociales seront renforcées. Pour définir des politiques agricoles efficaces, il faut analyser le fonctionnement économique de la filière et de tous ses acteurs, de l'exploitant au consommateur, en passant par tous les chaînons de la transformation et du marché. Les interactions entre ces dynamiques sociales et les évolutions des milieux naturels sont au cœur du développement durable.

Les biotechnologies comptent aussi parmi les priorités du Cirad. Accroître la productivité sans porter atteinte à l'environnement impliquera vraisemblablement des ruptures technologiques que seules les biotechnologies seront, dans certains cas, capables d'offrir. Dans le domaine végétal, la connaissance de la biodiversité,

et sa conservation dans des collections, l'analyse du génome des plantes tropicales, la création et la diffusion de nouvelles variétés par transformation génétique et culture *in vitro* sont les trois axes que le Cirad souhaite développer. Dans le secteur de la santé animale, l'effort portera sur la mise au point de nouveaux types de vaccins, multivalents, thermostables et marqués, c'est-à-dire qui permettent de différencier les animaux vaccinés des animaux infectés.

La transformation des productions agricoles, quant à elle, est liée à deux défis parmi les plus importants auxquels sont confrontés les pays du Sud : nourrir les populations, commercialiser sur les marchés locaux et internationaux des produits compétitifs. Dans ce domaine, le Cirad s'investira surtout dans les procédés de transformation et la maîtrise de la qualité d'une part, la commercialisation, les marchés et les entreprises d'autre part.

En matière de protection des cultures, le Cirad concentrera ses recherches sur l'étude des populations de ravageurs et des pathogènes, l'analyse des mécanismes de résistance et de pathogénie, la mise au point d'outils de diagnostic pour les maladies bactériennes et virales. Avec pour objectif de définir de nouvelles méthodes de protection des cultures raisonnée, associant l'appréciation de niveaux de risque acceptables, la lutte chimique, la lutte biologique et des pratiques agricoles adaptées.

Enfin, la modélisation, déjà largement utilisée par le Cirad pour décrire des réalités complexes aussi diverses que l'élaboration des rendements, la croissance architecturale des plantes, la gestion collective des ressources naturelles ou l'effet des politiques agricoles, sera développée. Les modèles ainsi construits servent d'abord comme support pour organiser les connaissances, faire émerger les hypothèses, éclairer des prises de décision, nourrir une réflexion prospective. Ils permettent aussi de réduire l'étendue et la durée de certaines expérimentations sur le terrain.

L'EUROPE DE LA SCIENCE

Qu'il soit international, européen ou français, le contexte dans lequel évolue le Cirad est en pleine

mutation. Un système mondial de la recherche agricole pour le développement est en construction. Le Cirad, qui en est partie prenante, entend y contribuer. Le Forum global, créé en octobre 1996, est maintenant doté d'un secrétariat exécutif, accueilli par la Banque mondiale, à Washington. En parallèle, les composantes régionales et nationales du système mondial se mettent progressivement en place. En 1997, dix-sept pays européens ont ainsi constitué un comité des institutions de recherche avancée, qui annonce la naissance prochaine du Forum européen. L'Europe de la science qui se dessine abolit les frontières anciennes dressées entre recherche et université, agronomie et biologie, sciences tropicales et non tropicales et, dans une certaine mesure, recherche publique et recherche privée. En France même émerge un système national de la recherche agricole pour le développement. Le Cirad y contribue activement et trouve dans ce nouveau cadre un terrain propice pour resserrer ses liens avec ses partenaires traditionnels, en priorité l'Inra, mais aussi l'Orstom et les universités. Son dynamisme dans la construction du système mondial y est reconnu puisque la consultation nationale organisée entre les participants du système français l'a désigné pour représenter la France au comité européen.

Du côté du continent africain, les trois organisations régionales, la Coraf, l'Asareca et le Saccar, se sont fédérées dans le Forum africain de la recherche agricole, dont le président représente l'Afrique au sein du Forum global. Leur rôle dans l'animation des coopérations régionales entre systèmes nationaux de recherche, centres internationaux du Gcrai et institutions de recherche avancée est maintenant établi. Il leur reste à forger les outils nécessaires pour le remplir pleinement. A l'échelle de chaque pays, de véritables systèmes nationaux de recherche agricole se bâtissent. Ils réunissent les institutions de recherche et d'enseignement supérieur, mais aussi les usagers de la recherche — entreprises, associations professionnelles, organisations non gouvernementales —, autant de nouveaux partenaires auxquels le Cirad peut élargir ses coopérations bilatérales.

Enfin, le comité des systèmes nationaux de recherche agricole, composé de représentants d'Asie, d'Afrique subsaharienne, d'Amérique latine et du bassin médi-

terranéen, propose de se doter d'un secrétariat exécutif, qui serait localisé à Rome, au siège de la Fao.

Pièce après pièce, le puzzle se met donc en place. Chacun de ses éléments, dans toutes les régions du monde et à chaque échelle géographique, de la nation au continent, définit le cadre commun dans lequel vont se développer les activités de recherche et de coopération. Dans ce contexte en évolution, le Cirad adapte ses modes de coopération, tissant un réseau de plus en plus dense, en France et en Europe avec les centres de recherche tropicale, en Afrique avec tous les acteurs du développement rural. Déjà largement investi dans des programmes régionaux, en Afrique de l'Ouest et du Centre en particulier, il participe maintenant à la mise en place de programmes mondiaux, tels *ProMusa*, dédié aux recherches sur les bananiers, et *ProCacao*.

LES DOM-TOM EN COHÉRENCE

Dans le nouveau cadre qui apparaît, les départements et territoires d'outre-mer occupent une place particulière. En effet, les Dom-Tom font partie du système français de recherche agricole. Mais chacun d'entre eux est aussi intégré dans un système régional : Caraïbe pour la Martinique et la Guadeloupe, Amazonie pour la Guyane, océan Indien pour la Réunion et Mayotte, Pacifique sud pour la Nouvelle-Calédonie et la Polynésie française. Enfin, les départements français d'outre-mer sont des régions ultra-périphériques de l'Union européenne. A ce titre, ils ont vocation à s'ouvrir à l'Europe, à l'image du dispositif de recherche sur la forêt naturelle guyanaise, qui vient d'être reconnu comme grand équipement européen. Le Cirad s'efforce de mettre ses interventions dans les Dom-Tom en cohérence avec ces trois composantes.

Outre l'appui aux filières agricoles — canne à sucre à la Réunion et à la Guadeloupe, banane aux Antilles, riz et bois en Guyane, par exemple —, apprécié des professionnels, le Cirad a mis en place un dispositif de recherche pérenne, qui s'appuie sur des collections variétales parmi les plus riches du monde, des stations expérimentales, des laboratoires et des dispositifs lourds d'observation des écosystèmes naturels. Son ambition est de le porter à un niveau de qualité

internationale. L'une des conditions de cette ambition est le rapprochement du Cirad avec les autres centres de recherche et d'enseignement supérieur présents dans ces départements : l'Inra, le Cemagref, l'Orstom, l'Engref et les universités. En 1997, une réflexion prospective a ainsi été lancée à la Guadeloupe avec l'Inra, l'université Antilles-Guyane et la chambre d'agriculture. Elle réunira les équipes autour d'une vision commune d'un développement durable des agricultures insulaires.

Le rapprochement de ces institutions et la mise en cohérence de leurs activités dans ces régions du monde permettent d'afficher un dispositif de recherche français de grande ampleur. C'est dans ce cadre que le Cirad a entrepris de régionaliser ses actions. Dans la Caraïbe, il a ainsi exprimé son souhait de participer au plan régional Procicaribe, appelé à être le pivot du Forum caraïbe de la recherche agricole. Deux programmes régionaux, sur l'élevage et sur les fruits, sont aujourd'hui en préparation. En Amazonie, un groupe des institutions scientifiques françaises, dont le Cirad, est en train de se construire autour de l'axe Guyane-Brésil. Il a retenu trois priorités de recherche : la conservation de la forêt naturelle, la stabilisation de l'agriculture sur les fronts pionniers et la transformation des produits de la forêt et des fruitiers. Dans l'océan Indien, le Cirad, qui a développé des échanges avec les Comores, Madagascar, Maurice et les Seychelles, cherche à inscrire son dispositif dans la recherche régionale d'Afrique australe, en relais avec le Saccar. Dans le Pacifique sud, enfin, le Cirad souhaite donner une impulsion à la coopération régionale à partir de ses principaux points d'ancrage, la Nouvelle-Calédonie et le Vanuatu.

L'évolution des dispositifs de recherche agricole dans les Dom-Tom conduit à leur européanisation. Le Cirad est prêt à s'engager pour doter ces implantations d'un statut facilitant l'accueil et l'échange entre équipes de recherche, tout en mettant à la disposition de la communauté scientifique européenne les outils et les collections présents sur ces sites. Une façon d'inscrire la recherche agricole des départements et territoires d'outre-mer dans la dynamique du système mondial.

Cultures annuelles

Par son mandat, le département des cultures annuelles couvre une gamme très étendue de plantes et de situations agricoles. Il intervient dans un grand nombre de pays, où ses activités sont coordonnées avec celles des acteurs de la recherche pour le développement. Aussi, c'est dans le cadre de partenariats multiples que sont raisonnés les travaux et conçues les interventions de ses chercheurs.

En premier lieu, un partenariat avec les systèmes nationaux de recherche réunit, en particulier en Afrique, les scientifiques nationaux et ceux du Cirad pour des recherches pluridisciplinaires placées, souvent, sous l'égide d'institutions régionales comme la Coraf.

Les coopérations se développent également avec le système international de recherche agricole. En 1997, les relations se sont renouvelées et intensifiées notamment avec le Ciat, centre international d'agriculture tropicale, en Colombie, pour la sélection de riz résistants aux maladies, et avec l'Icrisat, centre international pour les cultures en zones tropicales semi-arides, pour la mise en place du projet sur le matériel génétique de l'arachide en Afrique de l'Ouest. En Asie du Sud-Est, l'affectation au Vietnam et au Laos de chercheurs qui étudient les systèmes de culture s'est réalisée en concertation étroite avec l'Irri, centre international de recherche sur le riz, qui coordonne une initiative écorégionale.

Les actions pour le développement présentent des formes multiples : au Brésil, l'adoption du semis direct sur trois millions d'hectares témoigne de la qualité et de l'intérêt économique des techniques mises au point par les chercheurs ; à Madagascar, la production de semences et la diffusion de variétés de riz résistantes au froid ont été confiées au département.

De nouveaux projets ont mobilisé l'expertise du département dans des domaines en pleine expansion, comme la lutte intégrée et les systèmes d'information multimédias. Les privatisations dont sont l'objet certaines composantes des filières, notamment celles du coton et de la canne à sucre, s'accompagnent de remaniements profonds des systèmes de production. Le département analyse ces évolutions dans de nombreuses situations et concourt à la modernisation de ces filières.

En 1998, quatre programmes composeront le département. Les programmes par filière — cultures alimentaires, coton, canne à sucre — auront pour enjeux principaux d'adapter les produits aux marchés et de garantir la rentabilité des productions. Le programme sur les écosystèmes cultivés aura pour rôle d'intégrer les itinéraires techniques élaborés pour chaque espèce dans des systèmes de culture durables, adaptés aux contraintes et aux objectifs des paysans. ■

Les facteurs de résistance aux insectes vecteurs

Des maladies économiquement très dommageables au maïs en zone tropicale sont causées par des virus transmis par des homoptères auchenorynches. C'est le cas, en Afrique, du virus de la striure (Msv) transmis par des espèces du genre *Cicadulina* et, dans les zones insulaires telles que la Caraïbe et les Mascareignes, du virus du stripe (Mstv) et de celui de la mosaïque (Mmv), transmis par *Peregrinus maidis*. La résistance variétale constitue la principale méthode de lutte contre ces maladies. En plus des résistances spécifiques aux virus, il convient de mieux utiliser les facteurs de résistance de la plante à l'insecte — qui peuvent affecter l'efficacité de la transmission de ces virus — par une connaissance approfondie du comportement alimentaire des insectes vecteurs.



Résistance du riz à la sécheresse

Utilisé pour obtenir des riz résistants à la sécheresse, le marquage moléculaire permet une sélection indirecte sur le génotype, plutôt que sur le phénotype.

La cartographie des gènes contrôlant la profondeur et l'épaisseur des racines a été effectuée en partenariat avec l'Irri, pour une population de lignées d'haploïdes doublés, issues du croisement entre IR 64 et Azucena. Les segments chromosomiques identifiés expliquent individuellement au maximum 20 % de la variation phénotypique pour ces caractères quantitatifs. Cinq segments, choisis parmi les fragments communs à deux populations, ont été introgressés dans IR 64 suivant un programme de rétrocroisements assistés par marqueurs, afin de créer des lignées quasi isogéniques différant pour ces seuls gènes.

Deux cycles de sélection assistée par marqueurs ayant déjà été réalisés, l'évaluation des lignées isogéniques devrait être possible sous peu.

L'électropénétrographie mesure les variations de résistance électrique et de force électromotrice générées par l'insecte et sa plante hôte intégrés dans un système électrique. C'est la meilleure technique indirecte pour étudier le comportement alimentaire des insectes piqueurs-suceurs, quand ils introduisent leurs pièces buccales dans les tissus végétaux.

Une première étude a défini les classes de signaux spécifiques de ces insectes vecteurs et les a corrélées à une localisation tissulaire des stylets. Ainsi, pour *P. maidis*, trois classes distinctes de signaux correspondent au parenchyme, au xylème et au phloème des gaines sétales du maïs observées en microscopie photonique. Déjà mis en évidence chez certaines lignées de maïs originaires des Mascareignes ou de la Caraïbe, le mécanisme de résistance à *P. maidis* qui perturbe la transmission du Mmv et du Mstv a été précisé : l'insecte s'alimente de manière non soutenue dans le phloème. Il prolonge en effet sa phase d'exploration des tissus, multiplie les piqûres d'essai, ce qui retarde l'accès au phloème. Les générations en ségrégation de maïs, produites entre lignées sensibles et résistantes, devraient être analysées par électropénétrographie afin de cartographier les gènes impliqués dans ce mécanisme de résistance.

Cependant, la rapidité et la fiabilité du criblage du maïs par cette méthode sont encore insuffisantes pour une utilisation en routine. Des paramètres plus discriminants et reproductibles que l'analyse visuelle du signal dans le domaine temporel ont donc été recherchés, en collaboration avec l'université de la Réunion. Pour *Cicadulina mbila*, cicadelle vectrice du Msv, les signaux numérisés ont été analysés en fonction du temps, du spectre et de la fréquence. Ils ont pu être regroupés en cinq classes ; chacune d'elles a été corrélée à une localisation cellulaire des stylets dans les tissus végétaux, par observation de coupes sériées en microscopie électronique après stylectomie. Ces résultats précisent l'origine biologique des signaux électriques émis et font apparaître des similitudes importantes entre les groupes d'homoptères. Grâce à la mise en évidence de paramètres d'amplitude et de fréquence discriminants, un logiciel expérimental de classification automatique du signal a été réalisé et devrait permettre d'appliquer cette technique aux travaux de génétique.

L'université de la Réunion et le Cirad vont poursuivre l'amélioration de ce logiciel en concertation avec deux équipes européennes, l'université de Wageningen, aux Pays-Bas, et un laboratoire commun à l'Inra et à l'Insa, Institut national des sciences appliquées de Lyon, en France.

Marqueurs moléculaires

Mieux connaître le génome de la canne à sucre

Les variétés de canne à sucre sont hautement polyploïdes, aneuploïdes et dérivées de croisements entre l'espèce productrice de sucre *Saccharum officinarum* et l'espèce sauvage *S. spontaneum*. Les techniques de la biologie moléculaire permettent de mieux comprendre cette structure génomique complexe.

A terme, elles aideront les sélectionneurs à mettre en place une amélioration variétale plus efficace.

Par l'hybridation génomique *in situ*, il a été possible de différencier les chromosomes de *S. officinarum* de ceux de *S. spontaneum* et de montrer l'existence de recombinaisons entre les chromosomes de ces deux espèces. Grâce à cette technique, la contribution de *S. spontaneum* peut être quantifiée chez les diverses variétés. Par ailleurs, avec la cartographie physique des gènes Arn-ribosomiques, les nombres chromosomiques de base de ces espèces ont été établis.

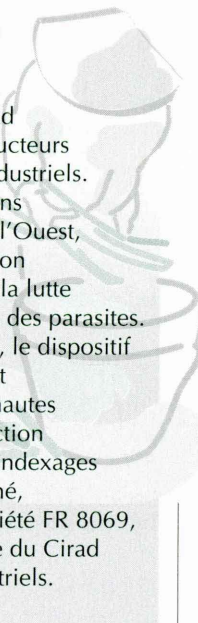
La cartographie du génome d'une variété d'élite, R 570, a été réalisée à partir de clones issus de l'auto-fécondation de cette variété et de sondes Rflp. Quatre cents marqueurs sont ainsi placés sur une centaine de groupes de coségrégation assimilables à des chromosomes ou à des portions de ceux-ci, qui ont pu être assemblés en une dizaine de groupes de liaison de base. La répartition des marqueurs dans les groupes de coségrégation indique une meilleure couverture de la carte pour les chromosomes de *S. spontaneum* et confirme l'existence de recombinaisons entre les deux génomes de base. Les chromosomes s'apparient de façon aléatoire, avec cependant des appariements préférentiels entre les chromosomes de *S. spontaneum*. Cette carte, étoffée avec les marqueurs Aflp, comporte actuellement plus de mille marqueurs.

La comparaison des cartes génétiques de la canne à sucre et du sorgho montre une homologie généralisée. Les groupes de liaison conservés manifestent le plus souvent une forte colinéarité. Les efforts actuels visent à saturer la carte génétique de la canne à sucre en utilisant celle, plus complète, du sorgho. La comparaison avec les cartes génétiques du maïs disponibles révèle que la plupart des groupes de liaison du sorgho et de la canne correspondent à au moins deux segments chromosomiques dans le génome du maïs, démontrant la structure dupliquée de ce génome.

La cartographie génétique est le point de départ pour explorer l'utilisation des marqueurs dans les schémas de sélection. L'étape suivante consiste à identifier et à localiser sur la carte les gènes qui contrôlent

Appui aux opérateurs sucriers d'Afrique

En Afrique occidentale et centrale, le Cirad a tissé des relations étroites avec les producteurs de canne à sucre, tous opérateurs agro-industriels. Elles se sont traduites par plusieurs missions d'expertise et de formation en Afrique de l'Ouest, qui ont porté sur l'optimisation de la gestion de l'irrigation, la situation phytosanitaire, la lutte contre les mauvaises herbes et le contrôle des parasites. Au service des opérateurs agro-industriels, le dispositif de quarantaine de Montpellier, qui permet les introductions variétales avec les plus hautes garanties phytosanitaires, a inclus la détection du syndrome de la feuille jaune dans ses indexages de routine. Ces introductions ont débouché, en Côte d'Ivoire, sur la sélection de la variété FR 8069, issue du programme de sélection variétale du Cirad à la Guadeloupe, pour des tests pré-industriels.



la variation de caractères importants. Dans cette optique, les descendants de R 570 ont été évalués au champ sur plusieurs critères de sélection. Un gène majeur de résistance à la rouille a été identifié, son marquage détaillé est en cours de réalisation. La syntenie avec le sorgho, le maïs et le riz est efficace pour trouver de nouveaux marqueurs dans le voisinage du gène de résistance à la rouille.

Pour les caractères plus complexes, notamment les composantes du rendement, il est nécessaire d'identifier des régions du génome intervenant dans l'expression de caractères quantitatifs, les Qtl. Ces Qtl à effet relatif plus faible sont dans un contexte génétique complexe qui comporte des combinaisons multialléliques et probablement épistatiques, inaccessibles à l'analyse. Des essais agronomiques élaborés, répétés sur une longue période, sont donc nécessaires. Une étude préliminaire réalisée en collaboration avec le Cerf, centre d'essais de la Réunion, a permis de trouver des Qtl pour la plupart des composantes du rendement en sucre analysées. Elle montre que l'identification de Qtl est possible malgré le haut niveau de ploïdie des clones de canne à sucre. Des essais à plus grande échelle ont été mis en place pour confirmer ces résultats.

Le coton et le textile dans le monde

Mécanisme économique et rôle de l'Etat

L'étude de la production et des échanges de coton et des produits semi-finis qui en sont issus — filés et tissus — dans les principaux pays producteurs, réalisée au Cirad, montre que la dynamique de ce secteur est liée au développement économique, suivant une succession de deux phases, plus ou moins achevées.

Dans une première phase, la relation est positive : le coton et le textile sont des moteurs du développement économique, estimé par le revenu brut par tête. C'est le cas de l'Angleterre du XVIII^e siècle, des Etats-Unis du début du XIX^e siècle et, plus récemment, de pays tels que la Turquie, l'Inde ou la Chine. Dans une seconde phase, quand le développement économique atteint un certain niveau, variable selon les pays et les époques, les activités de ce secteur déclinent. Si tous les pays étudiés ont connu ou connaissent la phase ascendante, il n'en est pas de même du déclin.

Cette succession de deux phases, l'une ascendante et l'autre descendante, est conforme à la théorie standard du commerce et du développement, qui explique l'évolution de la structure de l'économie des pays en développement. Dans le cas du coton, les pays ont d'abord produit et exporté la fibre, puis beaucoup d'entre eux ont cherché à la valoriser en la transformant. L'industrie textile cotonnière a donc souvent joué un rôle moteur pour les pays engagés dans un processus de développement économique.

Toutefois, l'évolution du coton et de sa transformation en produits semi-finis ne résulte pas du seul mécanisme économique. Il n'y a pas de développement effectif du coton et de sa transformation sans implication de l'Etat, sous des modalités très diverses. Ainsi, au XVIII^e siècle, la révolution industrielle a donné une impulsion extraordinaire à l'industrie textile cotonnière. L'invention de l'égreneuse à scies, en 1794, a supprimé une difficulté majeure de la production de

coton fibre, mais les inventions et l'esprit d'entreprise ont eu besoin de la complicité de l'Etat pour développer effectivement la production de coton et sa transformation par l'industrie textile. Plus récemment, les opérations cotonnières en Afrique depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale et les politiques cotonnières très volontaristes, en Turquie depuis les années 20 ou en Inde et au Pakistan depuis l'indépendance, témoignent du même phénomène.

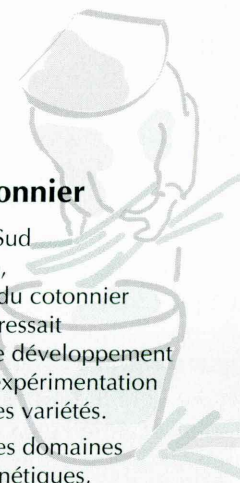
Dans toutes les situations étudiées, l'implication de l'Etat s'avère fondée, en raison de son impact positif sur le développement. Elle se justifie également par la nécessité de réduire les contraintes liées aux imperfections des marchés de produits ou des marchés financiers, lorsque des activités de production de coton ou de produits semi-finis débutent. L'intervention de l'Etat se poursuit également bien au-delà de la phase de promotion. Nulle part, l'Etat n'a pu rester indifférent au déclin de ce secteur, dont les conséquences sociales sont dramatiques.

Formation en amélioration du cotonnier

Afin de permettre aux pays du Sud d'acquérir leur propre expertise, une formation en amélioration du cotonnier vient d'être dispensée. Elle s'adressait aux chercheurs et aux agents de développement spécialisés dans la sélection, l'expérimentation ou la multiplication de nouvelles variétés.

Cette formation a abordé tous les domaines de la sélection — ressources génétiques, biotechnologies, méthodes de sélection, biométrie, relations avec l'agronomie et l'entomologie — et la technologie cotonnière. Les cours théoriques ont été complétés par des visites de laboratoire.

Les deux sessions organisées en 1997 ont accueilli douze stagiaires en provenance d'Afrique de l'Ouest, d'Afrique centrale et de Madagascar. De nouvelles sessions sont prévues et l'expérience devrait s'étendre à d'autres disciplines.



Depuis quelques années, la production cotonnière d'un grand nombre de pays en développement est soumise à un mouvement de réorganisation, fondé sur la remise en cause du rôle de l'Etat et sur l'hypothèse de la fonction régulatrice des marchés. Cette analyse indique l'enjeu d'une réorganisation équitable et efficace en rappelant le rôle que peut jouer le coton pour le développement économique. En montrant que l'implication de l'Etat répond aux imperfections des marchés, elle suggère que l'Etat ne doit pas nécessairement se désengager de ce secteur.

Collage des cotons

Un appareil de détection pour l'industrie

Un appareil de détection rapide du collage des cotons, appelé H2sd, vient d'être réalisé pour caractériser chaque balle produite. Il est important de connaître ce critère dès le stade de la production pour mieux valoriser les cotons non pollués. Cette information est également très utile aux filateurs : les effets des cotons pollués peuvent être réduits par des actions appropriées, tels les mélanges de cotons de divers grades de collage et la baisse de l'humidité relative dans les filatures.

Issu d'une lignée d'appareils sans cesse améliorés qui comprend le thermodétecteur, appareil de référence international, le H2sd est entièrement automatique. Il est le fruit de dix ans de recherche en partenariat avec deux sociétés montpelliéraines de mécanique et d'électronique. Cette réalisation a donné lieu au dépôt de deux brevets internationaux et a bénéficié d'une aide à l'innovation de l'Anvar, Agence nationale de valorisation de la recherche. Le Cirad a cédé la licence de fabrication de cet appareil à une société britannique qui le commercialise.

Avec le H2sd, la rapidité d'obtention des résultats provient du traitement simultané de quatre échan-

tillons. Ces échantillons sont entraînés en continu sur une bande d'aluminium qui les présente chacun sous un poste de travail : l'ouverture automatique, la pression à chaud, puis à température ambiante, l'analyse d'image. L'appareil indique le nombre de points collants et la distribution de leur taille sur un écran, où apparaît aussi l'image des points fixés sur le support.

Le H2sd permet de réaliser une analyse toutes les trente secondes au lieu de quatre minutes pour le thermodétecteur, en parfaite corrélation avec les mesures données par ce dernier. Ainsi, la vitesse d'analyse du collage devient compatible avec celle du classement automatisé des productions de fibre, qui fournit diverses caractéristiques pour chaque balle de coton commercialisée.

Croissance et développement de l'arachide

Analyser les composantes du rendement

Malgré l'amélioration des itinéraires techniques de production de l'arachide en Afrique de l'Ouest, les rendements obtenus en milieu paysan restent limités et variables. Une analyse des composantes du rendement a été entreprise afin d'établir un diagnostic sur les causes de cette situation. Elle a été réalisée avec l'Inera, institut burkinabé de recherche agricole, pour la variété CN 94C, de type Spanish, dans des parcelles paysannes.

La croissance de l'arachide étant indéterminée, les différentes phases conduisant à la détermination des composantes du rendement — nombre de gousses et de graines, poids des graines — se superposent. L'analyse a mis en évidence une période clé au début de la croissance rapide des graines, 50 à 55 jours après le semis. A partir de cette date, le nombre de gousses est fixé. Ces résultats sont comparables à ceux qui sont observés pour le pois et le soja.

L'analyse des composantes du rendement a été réalisée pendant trois ans, lors d'une étude multilocale. La diversité des situations observées a permis de préciser l'incidence des contraintes liées au climat, au sol ou aux pratiques culturales sur les composantes du rendement.

Le schéma d'élaboration du rendement obtenu, qui s'appuie sur la chronologie du développement et la répartition de la biomasse, constitue un nouvel outil pour identifier les contraintes et dater leur apparition.

Maintien de la fertilité dans le sud du Mali

Des aménagements adoptés par les paysans

Dans le sud du Mali, des signes d'érosion inquiétants sont apparus avec l'augmentation des surfaces cultivées et un début d'intensification de l'agriculture. Dans le cadre d'une étude sur le maintien de la fertilité, le Cirad, en collaboration avec l'Ier, Institut d'économie rurale, a défini des moyens pratiques pour limiter l'érosion dans les champs des paysans. Depuis 1997, la Cmdt, Compagnie malienne pour le développement des textiles, soutient financièrement ce programme.

Pour lutter contre l'érosion et conserver l'eau pluviale, un groupe de chercheurs du Cirad et de l'Ier a élaboré un schéma simple d'aménagement à l'échelle du champ. Dans un premier temps, un diagnostic est réalisé : situation du champ, écoulement de l'eau et érosion. Des exutoires sont ensuite choisis pour évacuer l'eau. Les courbes de niveau sont piquetées et matérialisées par un ados pérenne réalisé à la charrue à bœufs puis enherbé. Les parcelles sont alors cultivées en billons qui suivent les courbes de niveau et des fossés sont creusés pour évacuer l'eau excédentaire.

Les effets sur les rendements sont importants mais difficiles à chiffrer, car les paysans utilisent des méthodes

plus intensives sur les champs aménagés. Ils sont dus essentiellement à la conservation de l'eau, qui s'infiltre. Il est ainsi possible de conserver jusqu'à 300 millimètres d'eau sur les 800 reçus pendant la saison des pluies, comme l'attestent les mesures réalisées à Konobougou, dans la région de Fana. L'alimentation hydrique des cultures est améliorée et, grâce à l'eau stockée en profondeur, celle des arbres associés aux cultures, comme le karité.

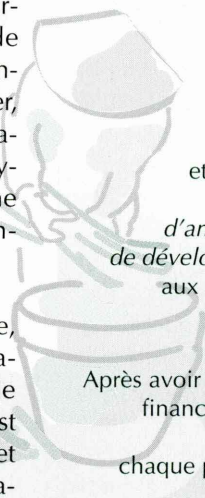
Les paysans volontaires pour conduire les expérimentations et leurs voisins, soit une cinquantaine de producteurs, ont adopté ces aménagements et sont même prêts à y contribuer financièrement. La méthode employée explique ce succès. Les différents intervenants sont impliqués au cours de la recherche : les chercheurs spécialistes des systèmes de production, la Cmdt avec ses vulgarisateurs, ses directions régionales et ses agents sur le terrain, les associations qui proposent le piquetage des courbes de niveau pour un prix modéré et, surtout, les agriculteurs, qui sont au centre de cette recherche-action.

Analyse financière et économique des projets

Afin d'améliorer le processus de décision et la qualité des projets, l'Union européenne a demandé au Cirad d'élaborer un *Manuel d'analyse financière et économique des projets de développement*. Cet ouvrage de référence fournit aux décideurs du développement une méthode pour analyser les projets, pour les évaluer ou pour décider de les financer.

Après avoir identifié les agents économiques, l'analyse financière détermine les besoins de financement, la rentabilité et la viabilité du projet pour chaque protagoniste. L'analyse économique évalue la contribution aux objectifs économiques, la compétitivité dans l'économie internationale et la rentabilité pour la collectivité.

Ce manuel didactique est destiné aux agents de l'Union européenne, aux responsables des pays Acp, aux consultants, aux professeurs et aux étudiants. Il est édité par l'Office des publications officielles de l'Union européenne.



Les paysans participent au diagnostic et discutent le schéma d'aménagement proposé. La maîtrise de l'eau pluviale est ainsi apparue comme l'une de leurs préoccupations centrales, que ce soit pour conserver l'eau ou l'utiliser de façon optimale, ou pour en gérer l'excès ou le ruissellement.

Les aménagements sont adaptés aux conditions socio-économiques des paysans et à leurs pratiques. Ils respectent les droits fonciers traditionnels. Ce sont les chefs d'exploitation qui, indépendamment de leurs voisins, décident ou non d'aménager leur champ. L'amélioration de la fertilité des terres répond bien à leurs priorités. La méthode utilisée, par essai et correction, est proche de celle qu'utilisent les producteurs pour leurs expérimentations. Les ouvrages sont légers, donc peu coûteux, et peuvent être améliorés progressivement et réparés facilement, au gré du calendrier cultural et des disponibilités financières.

Un autre élément décisif explique le succès de la démarche. Les paysans et leurs voisins observent d'abord les aménagements jusqu'à ce qu'ils soient bien persuadés de leurs effets favorables. Deux années peuvent s'écouler entre la première démonstration et une nouvelle demande, qui est adressée aux vulgarisateurs locaux.

Vallées du Sénégal et du Niger

Résultats du pôle sur les systèmes irrigués

Créé en 1995 sous l'égide de la Coraf, le Psi, pôle régional de recherche sur les systèmes irrigués soudano-sahéliens, a permis des avancées significatives dans plusieurs domaines, en collaboration avec les structures locales de développement.

L'équipe chargée de la lutte contre la dégradation des sols sous irrigation a analysé la variabilité spatiale des indicateurs de la dégradation, après avoir publié des

Système d'information géographique

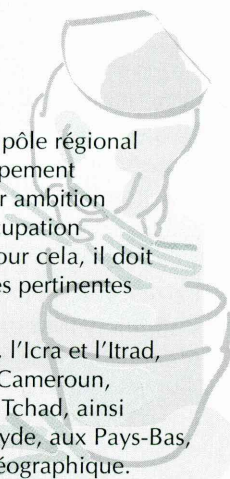
Afin de remplir sa mission, le Prasac, pôle régional de recherches appliquées au développement des savanes d'Afrique centrale, a pour ambition de comprendre les dynamiques d'occupation de l'espace par les sociétés rurales. Pour cela, il doit disposer d'informations géographiques pertinentes et fiables.

Le Cirad, en collaboration avec l'Irad, l'Icra et l'Itrad, les instituts de recherche agricole du Cameroun, de la République centrafricaine et du Tchad, ainsi qu'avec l'Orstom et l'université de Leyde, aux Pays-Bas, a élaboré un système d'information géographique. Il utilise des données provenant de plusieurs sources, comme l'imagerie satellitaire, la cartographie thématique, la photographie aérienne, les enquêtes de terrain, et combine traitement numérique et photo-interprétation assistée par ordinateur.

L'objectif du Prasac est de faire de cette base de données un outil d'aide à la décision au service des acteurs — ministères, collectivités rurales —, qui pourra être notamment utilisé pour l'aménagement de l'espace.

synthèses bibliographiques. Les résultats précisent l'origine des phénomènes de salinisation et d'alcalinisation des sols. Ils serviront de base à la mise en place d'un observatoire sur la dégradation. Les objectifs, les moyens à mettre en œuvre et les résultats attendus de cet observatoire ont été définis lors d'un atelier tenu à Ségou, au Mali, en juillet 1997. Dans le même temps, les travaux sur les bilans des sels et des eaux ont été poursuivis, et différents types d'écoulement ont pu être mis en évidence selon les sites d'observation. Le suivi de l'évolution des sols sous irrigation a été renforcé, à la fois par des mesures *in situ* et par la simulation informatique des processus biochimiques. Enfin, deux méthodes ont été testées pour contrôler la dégradation : l'utilisation des amendements et l'adaptation de la gestion des irrigations.

Pour l'intensification de la riziculture, la réussite la plus notable concerne le contrôle chimique de l'enherbement des rizières. Un essai multilocal a confirmé les bons résultats du bensulfuron-méthyle, sous



certaines conditions de mise en œuvre. Par ailleurs, l'application de ce produit à l'aide d'une bouteille égoutteuse a été testée avec succès. Une fiche technique sera élaborée pour faire connaître cette méthode aux structures de développement et aux producteurs.

En matière de gestion technique et d'organisation sociale et foncière de l'irrigation, l'activité essentielle a porté sur des études pour le diagnostic du fonctionnement des périmètres sélectionnés. Des canevas d'enquêtes pour la collecte des données les plus pertinentes caractérisant le fonctionnement d'un aménagement ont ainsi été mis au point. La numérisation des données cartographiques permet de disposer d'un support sur lequel les informations relatives à la gestion et à l'exploitation de ces périmètres peuvent être représentées.

Traiter les effluents des conserveries de poisson

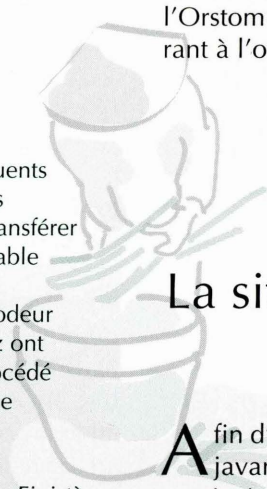
Les conserveries de poisson génèrent des effluents liquides et solides chargés en matières grasses et organiques. Avant de les traiter ou de les transférer dans des stations d'épuration, il est indispensable de leur faire subir un prétraitement sur le site de production, en raison notamment de leur odeur nauséabonde. Sept industriels de Douarnenez ont demandé au Cirad de tester l'efficacité du procédé Transpaille pour assainir ces boues, avec l'aide de l'Ademe, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

Le dispositif expérimental mis en place dans le Finistère a permis de confirmer les performances du procédé Transpaille pour la désodorisation et l'adsorption sur lit pailleux. On peut assainir complètement les composts en poursuivant le traitement thermophile en andain contrôlé.

Grâce à cette technique, les 125 tonnes annuelles de graisses des conserveries peuvent être transformées en 25 à 30 tonnes d'engrais organique riche en azote. Le remplacement de la paille, que les industriels doivent acheter, par les fibres ligneuses des cagettes, que les conserveries cherchent à recycler, est actuellement à l'étude, en partenariat avec les professionnels et l'Ademe.

Pour la diversification des systèmes de culture irrigués, des informations sur les systèmes de production sont désormais disponibles. Le degré d'analyse diffère cependant selon les pays et les régions. La méthode d'analyse des filières mise au point est maintenant utilisée par l'ensemble des partenaires. Les recherches pour améliorer les itinéraires techniques ont été centrées sur des évaluations de matériel végétal pour le sorgho, le maïs, le niébé, l'arachide et le blé. Dans le cas particulier des cultures maraîchères, des résultats de tests variétaux susceptibles de guider les producteurs dans leurs choix techniques sont disponibles pour la tomate, l'échalote, la patate douce et l'oignon.

Ces résultats seront publiés et diffusés dans les pays où le pôle intervient, mais aussi auprès de la communauté scientifique internationale. Le Cirad et l'Orstom vont appuyer cette valorisation en collaborant à l'organisation d'un atelier prévu en 1999.



Influence d'El Niño

La situation agroclimatique en Indonésie

Afin d'améliorer la gestion de l'eau dans le bassin javanais du Kali Garang, qui arrose la capitale provinciale Semarang, un projet pilote d'analyse agrométéorologique a été élaboré par un département de l'agence de recherche agronomique indonésienne, Aard, et le Cirad. Malgré un fort développement urbain, la région demeure une zone agricole majeure pour l'Indonésie, avec plus de 35 000 hectares de terres irriguées permettant trois à quatre cycles de culture par an : riz, maïs, arachide et cultures maraîchères.

Sous ce climat tropical humide, les contraintes climatiques majeures — crues abondantes et inondations apportées par la mousson, d'octobre à avril, déficit hydrique durant la saison sèche — perturbent les calendriers agricoles et l'alimentation domestique.

Transformations récentes de l'agriculture vietnamienne

Cahiers Agricultures, édité par l'Aupelf-Uref et John Libbey, et *Agriculture et développement*, revue du Cirad, ont publié un numéro commun à l'occasion du VII^e Sommet des chefs d'Etats francophones, tenu à Hanoi en novembre.

Les acquis récents de plusieurs projets de coopération ont permis de dresser un bilan de l'évolution de l'agriculture vietnamienne et de son avenir. Des approches écorégionales aux recherches en biotechnologie, cette publication, à laquelle quarante-cinq chercheurs vietnamiens ont contribué, a été bâtie sur la comparaison des expériences régionales du nord et du sud pour les agricultures de delta, de colline et de petite montagne.

Ces dix dernières années, le Vietnam est passé d'une situation de déficit chronique en riz au statut d'exportateur majeur. Ce pays vit d'importantes réformes politiques et économiques et de profondes et rapides transformations rurales. La compréhension des stratégies des agriculteurs, l'évaluation des déséquilibres écologiques et l'élaboration d'une planification rurale raisonnée impliquent une connaissance fine des changements techniques sur les exploitations agricoles ainsi que des réformes économiques qui les accompagnent.

Entre 1973 et 1989, la pluviométrie moyenne annuelle avoisinait 2 410 millimètres, avec un maximum de 473 millimètres en janvier et un minimum de 54 millimètres en juillet. La situation climatique s'est modifiée ces dernières années en relation avec El Niño. En 1997, les pluies ont accusé un léger déficit par rapport à la moyenne annuelle, mais surtout elles ont été moins bien réparties dans l'année. Ainsi, les mois de juin à octobre ont été très déficitaires. La sécheresse, comparable à celle des zones sahéliennes, a atteint son maximum depuis trente ans. Les perspectives ne sont guère encourageantes, si on se réfère aux simulations d'évolution d'El Niño par des modèles couplés mer-atmosphère.

Selon les zones, la campagne agricole a subi un retard plus ou moins important. En culture pluviale, les terres

n'ont pas pu être ensemencées avant décembre. Etant donné le déficit hydrique enregistré le mois suivant, ce retard de semis aura des répercussions négatives sur les récoltes en riz pluvial, maïs et arachide. En culture irriguée, le maintien du calendrier traditionnel — riz de premier cycle en novembre, riz de second cycle en mars et culture diversifiée en juillet — a été conditionné par les débits encore disponibles après trois mois de sécheresse quasi totale. En novembre, de nombreux agriculteurs ont choisi de semer une culture de diversification, principalement du maïs fourrager. En janvier 1998, la majorité des exploitants a opté pour un semis de riz irrigué afin d'assurer l'alimentation des nappes phréatiques et des rivières restant faible, de nombreuses parcelles ont reçu une seconde culture de diversification. Enfin, dans certains secteurs gravement touchés, les ensemencements ont été très tardifs, comme dans les zones de culture pluviale.

D'après les observations des terroirs villageois, on peut estimer les pertes de surfaces rizicoles, liées aux retards de semis ou au changement de type de culture. Celles-ci avoisinent 70 % pour le premier cycle et sont encore de 20 à 30 % pour le deuxième cycle. Elles représentent une baisse de production en riz d'environ 70 000 tonnes pour la région étudiée ; elles seront peu compensées financièrement par le maïs récolté en vert pour l'alimentation du bétail. A court terme, ce revenu risque encore de diminuer, compte tenu des surfaces ensemencées et de la crise du secteur de l'élevage ; le prix du fourrage a déjà chuté de 20 %. En avril 1998, l'application des mesures gouvernementales, tels les hausses du coût du transport local et l'arrêt des subventions au secteur agricole, vont renchérir les prix au détail et déprimer les achats d'intrants et de produits phytosanitaires pour le troisième cycle de culture.

Cultures pérennes

Depuis 1996, le département des cultures pérennes a pour mandat essentiel de favoriser le développement rural en zone tropicale humide en utilisant, parmi les spéculations possibles, les cultures pérennes d'exportation.

L'exploitation agricole villageoise est la structure dominante pour la quasi-totalité des productions pérennes et figure donc au centre de la nouvelle programmation du département.

Dans un contexte international de segmentation des marchés et de privatisation, il est important d'analyser l'évolution des stratégies au sein des différentes filières concernées.

L'objectif du département est de mener des recherches prenant en compte ces évolutions et d'assurer le transfert d'innovations techniques adaptées aux conditions socio-économiques des régions productrices. Ces innovations relèvent principalement de l'exploitation de la biodiversité, de la lutte contre les grands fléaux parasitaires, déterminante pour le succès des replantations, de la conception d'itinéraires techniques flexibles et adaptables aux fluctuations des marchés internationaux et, enfin, de la connaissance des chaînes de qualité.

Pour répondre à ces objectifs, le département est organisé en cinq programmes par filière — cacao, café, cocotier, hévéa et palmier à huile. Cette organisation tient compte de la réalité économique et sociale des filières, depuis les structures et les politiques de production jusqu'aux stratégies internationales. Les travaux de recherche s'appuient sur une méthode d'analyse des interactions entre tous les éléments de la chaîne qui associe produits, procédés et acteurs. Dans ce cadre, le département mobilise les compétences des autres équipes du Cirad sur les exploitations agricoles, les organisations paysannes, les itinéraires de valorisation des productions et le développement local.

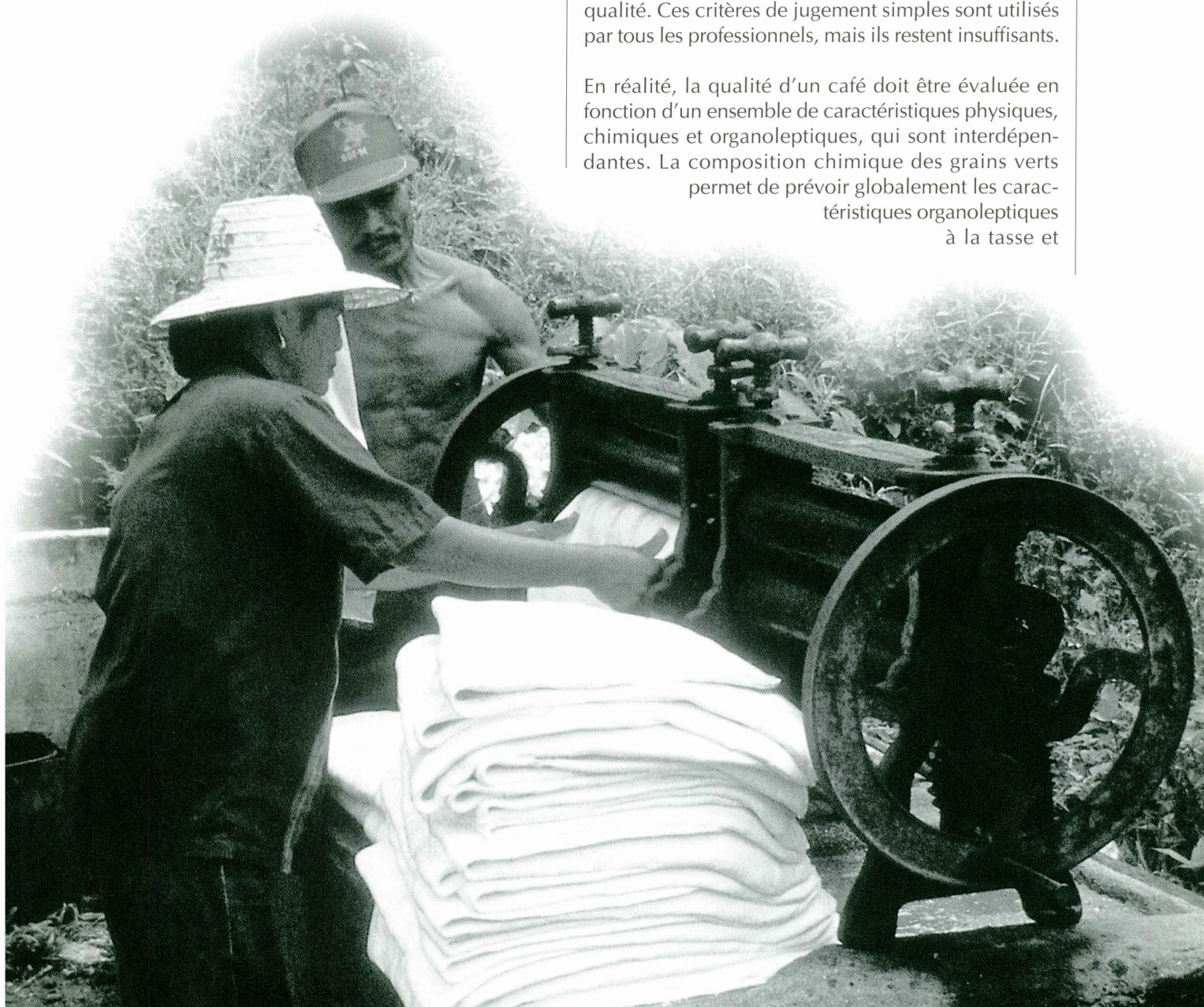
Par ses implantations à l'étranger et sa participation à des réseaux internationaux, il s'implique dans la recherche internationale sur les cultures pérennes tropicales. ■

Qualité du café

Terroirs, cépages et pratiques

La qualité des cafés est actuellement définie par l'absence d'altérations physiques et de défauts à la tasse. Cette définition se traduit en fait par une classification après triage comprenant différentes classes de qualité. Ces critères de jugement simples sont utilisés par tous les professionnels, mais ils restent insuffisants.

En réalité, la qualité d'un café doit être évaluée en fonction d'un ensemble de caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques, qui sont interdépendantes. La composition chimique des grains verts permet de prévoir globalement les caractéristiques organoleptiques à la tasse et



de classer les cafés. De nombreux facteurs interviennent : espèce, génotype, environnement cultural (terroir et techniques), traitement de post-récolte. Ils contribuent tous à la variabilité de la qualité.

Quelle que soit la variété, la composition chimique des clones ou des hybrides est en relation directe avec les caractéristiques organoleptiques. En particulier, les teneurs en précurseurs de l'arôme et du goût comme la caféine, les acides chlorogéniques, la trigonelline, le saccharose et les acides aminés sont essentielles. C'est ce que viennent de démontrer le Cirad et l'Idefor, Institut des forêts, en Côte d'Ivoire : les qualités organoleptiques des nouveaux clones de Robusta sélectionnés pour leur composition chimique sont améliorées.

Le Cirad et la fondation kenyane de recherche sur le café (Crf) s'appuient sur ces connaissances pour tester de nouvelles variétés par croisement avec des lignées de Catimor résistantes à la rouille. Les premiers résultats montrent que l'utilisation de certains Catimor à fortes teneurs en caféine et en acides chlorogéniques entraîne une diminution de l'acidité et une

augmentation de l'amertume. La sélection d'hybrides résistants à la rouille et de bonne qualité organoleptique nécessite donc d'évaluer toutes les lignées de Catimor disponibles pour leur résistance à cette maladie et pour leurs caractéristiques chimiques.

L'altitude, l'ombrage, la nature des sols, les conditions climatiques influencent la composition chimique des grains. Les effets de l'altitude et de l'ombrage ont été étudiés sur plusieurs variétés dans six régions du Honduras, en collaboration avec l'Ihcafé, institut du café. L'altitude, en retardant la maturité, permet un meilleur remplissage des cellules, qui se traduit par une plus forte teneur en matière grasse et en saccharose, précurseur important des arômes. L'ombrage joue un rôle analogue : en retardant la maturité, il favorise l'obtention d'une meilleure granulométrie et l'augmentation de la teneur en saccharose. L'analyse des qualités organoleptiques de ces essais est en cours.

La maturation, étape ultime avant la cueillette, doit être menée à son terme. Le Cirad et l'Anacafé, au Guatemala, ont suivi l'évolution des constituants chimiques du grain en fonction de la période de récolte. Ils ont démontré que le grain mature présente soit une teneur maximale en précurseurs d'arômes, sucres et acides aminés, soit une teneur minimale en inhibiteurs de la formation d'arôme comme les acides chlorogéniques.

Ces différentes études permettent de préciser l'influence des facteurs génétiques, agronomiques et technologiques sur la qualité et d'établir les bases d'une production de cafés typés, de plus en plus recherchés par les consommateurs. Il devrait en effet être possible, comme cela a été fait pour la vigne ces dernières années, d'associer des variétés à des terroirs — régions caractérisées par un sol, un climat et une altitude — et à des pratiques culturales pour obtenir une qualité optimale. Cette recherche entraînera de manière certaine un gain en qualité ; elle devra s'accompagner d'une amélioration de la technicité, en particulier pour les traitements de séchage et de stockage après la récolte. Elle débouchera sur la création de cafés d'appellation contrôlée et de crus de café. Les résultats montrent aussi que l'obtention de cafés à typicité propre est le fait de tous les acteurs de la filière, du producteur au torréfacteur. Les recommandations

Les nématodes parasites des caféiers en Amérique centrale

Les nématodes, notamment le genre *Meloidogyne*, sont responsables d'importantes baisses de production du caféier en Amérique latine. Diverses populations collectées en Amérique centrale et au Brésil ont été caractérisées d'après leur phénotype enzymatique, leur morphologie et leur pouvoir pathogène sur diverses variétés de caféier. Ce travail réalisé au laboratoire de nématologie du Cirad à Montpellier, en collaboration avec l'Orstom et Promecafé-Procafé, a fait l'objet d'une thèse. Il a bénéficié de financements du ministère des affaires étrangères et de l'Union européenne. Les populations étudiées sont très diverses. Certaines pourraient être des espèces nouvelles et d'autres, non encore observées sur le caféier, se sont révélées très pathogènes. Ces recherches permettent de mieux orienter les schémas d'amélioration de l'Arabica actuellement suivis en Amérique centrale pour la résistance aux parasites.



doivent emprunter la juste voie entre les contraintes économiques, le rendement agronomique et la qualité mesurée à la tasse.

Pourriture brune du cacaoyer

Diversité génétique du *Phytophthora*

Avant 1979, *Phytophthora palmivora* était considéré comme le seul agent responsable de la pourriture brune des fruits du cacaoyer. Depuis 1980, trois autres espèces de ce champignon sont reconnues comme responsables de cette maladie : *P. megakarya*, *P. capsici* et *P. citrophthora*. L'importance des dégâts varie selon les pays, les zones écologiques et les espèces de *Phytophthora*.

Au Cameroun, au Nigeria et au Ghana, pays qui font face à des pertes élevées de cabosses, on observe la présence de *P. megakarya*. Cette espèce n'a jamais été isolée en Côte d'Ivoire, premier producteur mondial de cacao. Mais sa présence dans la zone frontalière ghanéo-ivoirienne constitue un risque pour la Côte d'Ivoire. Cette menace sérieuse pour la cacaoculture a conduit le Cirad à entreprendre des recherches sur cet agent pathogène, en collaboration avec des chercheurs de l'Irad, institut camerounais de recherche agricole pour le développement.

Une analyse préalable de la diversité génétique et de la structure des populations des isolats de *P. megakarya* provenant de six pays d'Afrique du Centre et de l'Ouest — Cameroun, Gabon, São Tomé, Nigeria, Togo, Ghana — a été réalisée grâce aux isoenzymes et aux marqueurs moléculaires Rapd. Treize systèmes isoenzymatiques et neuf amorces Rapd ont été retenus pour caractériser 161 isolats. Trente-six groupes ont été distingués avec les isoenzymes, 44 avec les marqueurs Rapd. Les isolats se répartissent en deux grands groupes bien distincts. Un groupe homogène rassemble les isolats de l'Afrique de l'Ouest, un groupe hétéro-

Cartographie analytique des caféières et des cacaoyères ivoiriennes

Une étude est menée en Côte d'Ivoire pour déterminer les facteurs écologiques et humains qui concourent au rendement optimal du caféier et du cacaoyer. Elle est réalisée en coopération avec le centre de cartographie et de télédétection du Bnetd, Bureau national d'études techniques et de développement de Côte d'Ivoire. Dans plus de six cent parcelles de cacaoyer et de caféier des deux zones pilotes de Daloa et Soubré, 22 variables ont été étudiées. Elles ont ensuite été illustrées dans un système d'information géographique à partir de documents cartographiques numérisés et d'une enquête de terrain. Le rendement des deux cultures est fortement lié au matériel végétal, à l'entretien, à l'intensité de l'ombrage et aux dégâts d'insectes. Le système a été remis au Bnetd pour le traitement et la classification des images satellitaires. Les résultats et leurs applications potentielles à la cartographie de l'ensemble des cacaoyers et des caféiers ivoiriens feront l'objet d'un rapport de synthèse.

gène ceux de l'Afrique centrale. Un petit groupe intermédiaire est composé d'isolats prélevés au Cameroun, près de la frontière nigériane, qui présentent simultanément des bandes spécifiques d'Afrique du Centre et de l'Ouest. Ils sont issus de recombinaisons génétiques. Les isolats du Gabon et de São Tomé forment des groupes à part, mais certains génotypes rencontrés dans chacun de ces groupes sont présents au Cameroun. Leur origine peut donc être camerounaise, bien qu'on trouve aussi des génotypes spécifiques dans ces deux pays.

Un fort déséquilibre dans le ratio des types sexuels du champignon indique la prédominance d'une multiplication asexuée. Toutefois, des recombinaisons se produiraient chez cette espèce, et la localité d'Ibule, au Nigeria, pourrait être un centre de diversification de la population d'Afrique de l'Ouest. *P. megakarya* semble avoir une origine africaine, alors que le cacaoyer est natif du continent américain. Il est probable que le champignon ait évolué initialement sur des plantes natives africaines comme le kolatier, qui est aussi une sterculiacée, puis se soit déplacé vers le cacaoyer, qui s'est révélé un hôte particulièrement

sensible. La séparation de *P. megakarya* en deux groupes génétiquement distincts peut s'expliquer par l'isolement des plantes natives en deux zones refuges, le Nigeria et le Cameroun, après la période glaciaire d'il y a environ 18 000 ans.

Un test d'inoculation artificielle de disques de feuilles de cacaoyer a été utilisé pour caractériser les relations entre hôte et parasite. Les classements des clones pour leur résistance sont identiques quelle que soit la souche utilisée. En revanche, différents niveaux d'agressivité ont été observés entre les souches. Ce test sur feuille a été comparé au test d'inoculation artificielle sur fruits, et au taux de pourriture au champ des clones et des descendances. La résistance évaluée par le test sur feuille est en moyenne corrélée au taux de pourriture au champ d'un clone ou d'une descendance et les corrélations environnementales ne sont pas significatives. Le test sur feuille pourrait donc être utilisé, sous certaines conditions, pour sélectionner précocement, en pépinière, des clones ou des familles hybrides moins sensibles à la maladie.

L'ensemble de ces travaux sur la diversité génétique de *P. megakarya* et la mise au point d'une méthode d'évaluation de la résistance des cacaoyers a donné lieu à une thèse. La recherche de méthodes de lutte contre *Phytophthora* fait aussi l'objet d'une collaboration régulière entre le Cirad et les organismes de recherche de Papouasie-Nouvelle-Guinée, de São Tomé, du Vanuatu, du Cameroun, de Côte d'Ivoire et de Trinité-et-Tobago, en relation avec les industriels européens.

Physiologie du palmier à huile

Sécheresse et production à Sumatra

Le nord de Sumatra présente des conditions agro-climatiques très favorables à la culture du palmier à huile. La pluviométrie est bien répartie au cours de

l'année et atteint 2 890 millimètres en moyenne. L'ensoleillement est évalué à environ 2 000 heures par an. C'est le cas de la région de la station de recherche de Marihat. D'autres zones, comme le Lampung dans le sud, connaissent souvent une période sèche de juillet à novembre. Depuis 1972, cette période est particulièrement marquée tous les trois à cinq ans, conséquence du phénomène climatique El Niño. Les déficits hydriques sont alors sévères, pouvant atteindre 400 à 600 millimètres, et la pluviométrie annuelle est mal répartie. Ces périodes de déséquilibre climatique entraînent une baisse importante de la production des palmeraies, pouvant atteindre 60 %, au cours des deux années suivantes.

Dans le cadre du partenariat entre le Cirad et l'Iopri, institut indonésien de recherche sur le palmier à huile, une étude des effets du déficit hydrique a été réalisée sur des clones plantés en 1992 par l'Iopri dans les plantations d'Etat Bekri, près de Bandar Lampung. Des mesures physiologiques, biométriques et phénologiques ont été conduites sur trois clones en pleine période sèche et comparées aux données récoltées à la station de Marihat.

Les mesures de photosynthèse foliaire réalisées entre 7 et 16 heures montrent qu'à cette période de l'année les échanges gazeux sont réduits au minimum : pour les trois clones, l'activité de photosynthèse nette maximale atteint à peine le quart de celle mesurée à la station de Marihat et baisse encore tout au long de la journée, pour se stabiliser à un seuil très faible, qui compense seulement les pertes respiratoires. Cette chute brutale de l'activité photosynthétique est en étroite relation avec la fermeture des stomates. Celle-ci évolue à la même vitesse que l'assimilation photosynthétique ; le phénomène s'accroît brutalement après 8 heures, conséquence directe de l'augmentation du déficit en vapeur d'eau de l'atmosphère, qui atteint alors 20 millibars. Des travaux antérieurs avaient montré l'effet dépressif d'un déficit supérieur à 17 millibars sur la photosynthèse du palmier. L'assèchement des différentes couches du sol est la cause principale de la faible ouverture des stomates à cette époque de l'année. En particulier, une cuirasse ferrallitique empêche le développement des racines à plus de 2,40 mètres de profondeur.

Les mini-huilleries de palme en Afrique

Avec la libéralisation des économies et le développement récent des plantations villageoises, un grand nombre de mini-huilleries de palme ont vu le jour en Afrique au cours des cinq dernières années. Ce secteur émergent a fait l'objet d'évaluation par des experts du Cirad. L'étude *Mini-huilleries de palme en Afrique du Centre et de l'Ouest*, commandée par la Caisse française de développement, décrit une quinzaine d'unités réparties dans cinq pays. Cette étude propose au lecteur une description quasi exhaustive des technologies employées, une méthode d'évaluation des performances techniques et économiques, une typologie des unités d'extraction et des secteurs nationaux de production, une liste des principales contraintes de production rencontrées, des propositions d'amélioration des conditions de fonctionnement de cette activité. Cette expertise s'est prolongée par l'appui du Cirad à la création d'un service de technologie du palmier à huile à l'Institut national de recherche agronomique du Bénin, sur la station de recherche sur le palmier à huile de Pobé.

La sensibilité au déficit en vapeur d'eau permet de mettre en évidence des différences entre les clones étudiés. Le clone MK 93 est le moins sensible au déficit de l'atmosphère. Ce caractère pourrait servir à une éventuelle sélection de matériels mieux adaptés à des périodes de sécheresse prolongée.

Parallèlement aux mesures d'échanges gazeux, la phénologie de deux clones a été établie à Bekri. Chez le palmier à huile, la maturation d'une inflorescence s'étale sur une durée de deux ans et demi à trois ans, depuis l'ébauche florale jusqu'à la récolte. Les périodes sèches étant dans cette région, jusqu'à présent, espacées de plusieurs années, il devient théoriquement possible de suivre l'effet, mois après mois, d'un épisode sec sur la sexualisation des ébauches formées à cette époque et sur le développement — ou l'avortement — des jeunes inflorescences. Cette étude pourra être mise en relation avec les observations effectuées actuellement à la station de recherche sur le palmier à huile de l'Institut national de la recherche agrono-

mique du Bénin, dans une zone où le déficit hydrique est systématique chaque année.

Par ailleurs, à partir des données météorologiques obtenues dans cette région pour l'année 1994, qui a connu une période de déficit hydrique analogue à celle de 1997, il a été possible de prévoir les déficits futurs des inflorescences en assimilats carbonés. Les données de production sur cette même région pendant la période 1994-1996 ont été intégrées dans un modèle. La répartition du déficit carboné sur les trois prochaines années a été quantifiée, ce qui permet d'estimer la production future des palmeraies.

Qualité de l'huile et du tourteau de coprah

Une application du séchage par friture

Le coprah, matière première oléagineuse, constitue le principal débouché de la culture du cocotier. Préparé dans des conditions rudimentaires, le coprah est de médiocre qualité et donne à la trituration une huile et un tourteau de qualité insuffisante. La position de ces produits sur le marché en est affaiblie ; la filière tout entière est pénalisée. Aussi de nombreux projets ont-ils été élaborés par le passé pour tenter de restaurer la qualité du coprah : techniques de séchage améliorées, tests rapides d'évaluation de la teneur en eau, définition de critères de qualité applicables à la commercialisation.

Pour tenter de résoudre ce problème, le Cirad a choisi une voie originale fondée sur une stratégie d'évitement. La technologie, d'origine indonésienne, consiste à réaliser l'extraction sur l'amande fraîche après l'avoir déshydratée par friture. Utilisé traditionnellement à petite échelle en Indonésie, le procédé demandait à être optimisé sur les plans de l'efficacité et de la productivité, sans dégrader la qualité native des composants valorisables, huile et protéines.

L'opération de séchage par friture a fait l'objet d'importantes études au cours des cinq dernières années. Dans un premier temps, les travaux ont porté sur l'identification, la compréhension et l'évaluation quantitative des phénomènes en jeu dans le séchage par friture : détermination des facteurs principaux, étude des échanges de matière et d'énergie, établissement des cinétiques de déshydratation. Dans une deuxième phase, ces résultats d'ordre cognitif ont été exploités pour l'application du procédé aux échelles artisanale et industrielle. Une petite unité d'extraction, d'une capacité de 40 à 200 kilos d'huile par jour, a été dessinée, réalisée et testée au Cirad. Parallèlement, une unité pilote industrielle a été conçue en vue d'adapter une huilerie de coprah classique au nouveau procédé. Ce projet doit être réalisé en partenariat avec un grand groupe industriel philippin.

L'évolution de la qualité des produits au cours de la friture a constitué le dernier volet des recherches. En effet, dans ce procédé, l'huile extraite est recyclée environ cinq fois en friture, ce qui représente une à deux heures de chauffage. Il était à craindre qu'à cette occasion elle ne subisse certaines dégradations, notamment l'hydrolyse, l'oxydation et la modification de sa coloration.

Des analyses de contrôle ont été effectuées au cours d'essais de production réalisés au Cirad sur l'unité pilote artisanale. La qualité de l'huile obtenue par ce procédé a été évaluée sur les critères suivants : acidité libre, indice de peroxyde, taux de composés polaires et viscosité dynamique. Les caractéristiques de l'huile sont restées excellentes, même après dix cycles de séchage par friture : couleur dorée, acidité libre inférieure à 1 %, teneur en produits polaires inférieure à 5 %. Cette huile, de qualité très supérieure à celle de l'huile de coprah brute, peut être consommée sans raffinage préalable. Sa capacité de conservation est supérieure à un an, ce qui est exceptionnel à cette échelle de production.

L'huile obtenue après séchage par friture présente des caractéristiques organoleptiques assez différentes de celle de l'huile de coco que les artisans africains produisent par voie humide. Aussi pouvait-on craindre

qu'elle ne soit pas appréciée des consommateurs en cas de transfert de la nouvelle technologie dans ces pays. L'acceptabilité de l'huile extraite par ce procédé a été vérifiée au Bénin par le Cirad et le Centre national de nutrition et d'alimentation appliquées de l'université du Bénin. Sur 61 consommateurs réguliers d'huile de coco béninois, 43 l'ont trouvée supérieure à l'huile de coco traditionnelle et tous ont apprécié sa capacité de conservation.

Le procédé de séchage par friture ramène donc à quelques heures le délai d'extraction de l'huile contenue dans les noix fraîches, alors qu'il atteint plusieurs semaines dans le procédé classique. La réduction de ce délai conduit à des produits de première qualité n'ayant subi aucune dégradation. L'huile obtenue, exempte d'acidité et de coloration parasite, ne nécessite pas de raffinage coûteux en énergie, en intrant et en investissement. Le tourteau produit selon cette technique n'est pas contaminé par les mycotoxines et se conserve bien. Sa valorisation en alimentation animale fera l'objet d'études complémentaires par des zootechniciens du département d'élevage dès qu'une unité pilote sera fonctionnelle dans un pays producteur.

Encoche sèche de l'hévéa

Une coopération franco-thaïlandaise en physiologie moléculaire

Après les attaques cryptogamiques des feuilles et des racines, l'encoche sèche de l'hévéa est l'obstacle le plus grave à la production de latex. C'est un phénomène physiologique dont on ne connaît pas toutes les causes. Il est lié en général à une sur-exploitation des arbres et peut tarir des parcelles entières ; les clones très productifs y sont particulièrement sensibles. Il est en progression constante, ce qui préoccupe les planteurs du monde entier.

Depuis 1993, le Cirad, l'Orstom, le Rrit, institut thaïlandais de recherche sur le caoutchouc, et l'université de Mahidol ont uni leurs efforts pour étudier, en Thaïlande, la caractérisation moléculaire de la fonction laticigène de l'hévéa à partir des connaissances acquises sur la physiologie de l'arbre. Les recherches ont porté sur les phénomènes de coagulation, de stress oxydatif et de régénération du latex. Elles ont été centrées sur le syndrome de l'encoche sèche pour mettre au point un diagnostic précoce de ce phénomène.

Une exploration des protéines du latex par criblage électrophorétique a permis de distinguer les arbres sains des arbres présentant un début d'encoche sèche. Il n'est pas encore possible de distinguer biochimiquement l'encoche sèche nécrotique de l'encoche sèche de surexploitation. La détection précoce de cette dernière passe par le « diagnostic latex », un test mis au point par le Cirad pour suivre l'évolution des différents paramètres biologiques du latex et la production des clones au cours du temps.

Une étude plus spécifique a porté sur l'expression de gènes codant pour des enzymes impliquées dans les mécanismes de coagulation. Il est apparu que le gène codant pour l'hévéine est moins exprimé en cas de surexploitation par surstimulation. Ce n'est pas le cas quand il s'agit de l'encoche sèche nécrotique. De tels paramètres moléculaires sont susceptibles d'être intégrés au diagnostic latex pour accroître son pouvoir de détection précoce.

De même, la sous-expression des gènes codant pour la catalase et la superoxyde dismutase, enzymes impliquées dans les stress oxydatifs au sein du tissu laticifère, est en relation avec l'apparition de l'encoche sèche de surexploitation. L'encoche sèche nécrotique, de type irréversible, reste à ce jour impossible à caractériser au niveau moléculaire.

Le gène de la glutamine synthétase, impliquée dans la régénération du latex, apparaît fortement surexprimé après la stimulation éthylénique. Il est donc important de caractériser le promoteur de ce gène, sensible à l'éthylène. Il pourrait être un premier candidat pour une transformation génétique de l'hévéa. Les possi-

Test de conformité clonale de l'hévéa par électrophorèse

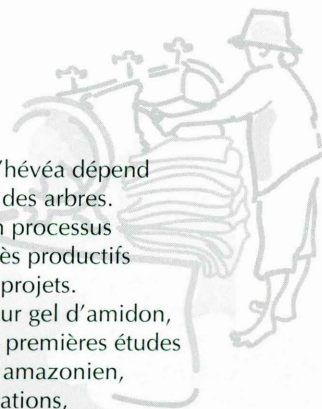
La productivité d'une plantation d'hévéa dépend notamment de l'origine génétique des arbres. Une multiplication conforme et un processus rigoureux de diffusion de clones très productifs sont indispensables au succès des projets. L'électrophorèse isoenzymatique sur gel d'amidon, outil exploité par le Cirad pour les premières études de diversité du matériel génétique amazonien, est devenue, après quelques adaptations, un procédé de contrôle de qualité utilisé couramment en hévéaculture.

Il répond à la demande tant des instituts de recherche que des sociétés de plantation ou des organismes de développement. Depuis sa conception par le Cirad en 1991, le laboratoire portable d'électrophorèse a permis de réaliser de nombreuses missions d'expertise ou de transfert de technologie dans les pays hévéicoles d'Afrique, d'Asie et d'Amérique du Sud.

bilités de transformation par *Agrobacterium tumefaciens*, qui ont été explorées sur différents tissus, se révèlent prometteuses. Elles s'appuient sur les progrès réalisés au Cirad dans la régénération de plantules issues d'embryons somatiques.

Dans cette perspective, une étude est en cours sur l'expression de différents gènes impliqués dans les phénomènes de coagulation et de régénération du latex ou dans le stress oxydatif. Ces recherches passent par le clonage de ces gènes, des promoteurs spécifiques du tissu laticifère, comme celui de l'hévéine, et des promoteurs dont l'expression est induite par l'éthylène.

Un nouvel accord signé entre le Cirad et le Rrit complète la convention de coopération portant sur le transfert au champ de plants issus de culture *in vitro*. Il permettra d'intensifier la relation entre ces recherches et les expérimentations agronomiques au champ sur la réponse à la stimulation hormonale et sur les possibilités de réduction des fréquences de saignée.



Productions fruitières et horticoles

Les résultats marquants de l'année écoulée témoignent des nouvelles orientations du département des productions fruitières et horticoles face aux enjeux de diversification agricole, de sécurité alimentaire et de développement économique des pays concernés.

A l'image de l'étude réalisée dans les Petites Antilles, des analyses économiques et prospectives sont engagées. Elles permettent de comprendre les processus de diversification — dans leur variété et dans leur complexité — en tenant compte de l'ensemble des facteurs qui sous-tendent le développement économique d'une région.

Pour concilier respect de l'environnement, qualité des produits et rentabilité pour les producteurs, des approches intégrées sont mises au point. Elles associent des itinéraires techniques spécifiques et des moyens de lutte contre les maladies et les ravageurs. Les travaux entrepris illustrent bien ces orientations : désinsectisation des dattes, lutte intégrée contre la maladie des taches noires de la mangue et contre la maladie des racines roses de l'oignon.

Pour augmenter la résistance aux maladies et aux ravageurs et produire un matériel sain, les besoins en recherche et en innovation sont importants. Ainsi, le département a développé les techniques d'amélioration variétale, de transformation génétique et d'embryogenèse somatique. Dans ce domaine, les résultats obtenus sur l'embryogenèse somatique du bananier constituent un progrès notable.

Mais il convient d'aller encore plus loin en s'attachant tout spécialement aux besoins des consommateurs, qui se soucient de plus en plus de leur santé et de l'innocuité des aliments. C'est pourquoi le département porte une attention particulière aux caractéristiques nutritionnelles et sanitaires des fruits et des légumes.

Enfin, face à l'importance des enjeux et à l'ampleur de la tâche, seule une stratégie d'alliance et de coopération internationale permettra d'atteindre rapidement les objectifs fixés. A l'échelon national, le renforcement du partenariat avec l'Inra va dans ce sens. Sur le plan international, le programme ProMusa, pour la banane, est exemplaire et devrait susciter de nouvelles initiatives. ■



Dattes

Désinsectisation par micro-ondes

Dans la plupart des pays méditerranéens, 15 à 20 % des récoltes de dattes sont infestées par une mouche des fruits, *Myelois ceratoniae*, la pyrale de la datte, ce qui compromet le commerce vers les pays développés. En effet, les pays importateurs, comme ceux de l'Union européenne, exigent que les dattes vendues sur leur marché soient exemptes d'insectes ou de parasites vivants. Premier exportateur mondial en valeur, la Tunisie, dont les exportations vers l'Union européenne sont en augmentation constante, doit pouvoir répondre à ces exigences.

Plusieurs procédés de désinsectisation sont utilisés par les conditionneurs locaux. Simple, rapide et peu coûteuse, la fumigation est la méthode préférée, sans que ses effets sur la qualité soient bien connus. Le gaz le plus fréquemment employé, le bromure de méthyle, est un excellent insecticide, qui pénètre dans les fruits et détruit les insectes. Inconvénient majeur, il est toxique pour l'homme et attaque la couche d'ozone. Il est interdit dans un nombre croissant de pays.

En collaboration avec le Cnrs et l'Inra, le Cirad a précisé les effets de la fumigation avec le bromure de méthyle et mis au point un nouveau traitement par micro-ondes. Il a bénéficié de l'appui scientifique et technique de l'Ecole nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires (Ensaia) de Nancy, de l'Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires (Ensia) de Massy et des sociétés Mes et Caustiers.

La fumigation avec le bromure de méthyle détériore les qualités nutritives de la datte : la teneur en azote diminue d'environ 25 %, celle en acides aminés libres de moitié. Certains constituants de l'arôme disparaissent et l'arôme est altéré. De plus, des produits nocifs apparaissent.

En s'appuyant sur les propriétés diélectriques des dattes, le Cirad a substitué à ce traitement un procédé thermique qui utilise des micro-ondes à 65 °C pendant deux minutes. Les œufs et les larves de pyrale de la datte sont détruits. Les critères de qualité et leur évolution durant la phase de séchage ne sont pas affectés de manière déterminante. La texture, la couleur et les composants de l'arôme ne sont pas modi-

fiés. Le traitement de 50 kilos de dattes consomme 2 kilowatts. Par ailleurs, l'enzyme responsable du brunissement voit son activité réduite, tout comme la peroxydase, à l'origine de l'apparition des mauvais goûts. La qualité est ainsi mieux préservée. Quant au coût, il est équivalent à celui de la fumigation ; seul l'investissement de départ est supérieur d'environ 50 %.

Cette méthode présente donc des atouts indéniables. Elle désinfeste la datte tout en préservant ses principales qualités et en évitant toute dispersion de gaz nocifs. De plus, la couleur des fruits n'étant pas altérée, le prix obtenu sur le marché est plus élevé.

Propriétaire du brevet, le Cirad a confié l'exploitation industrielle du procédé à Caustiers, un industriel du Languedoc-Roussillon qui livre des dattes clés en main. Ce procédé pourrait être commercialisé prochainement.

Congrès des pépiniéristes d'agrumes

En mars 1997, le cinquième congrès international des pépiniéristes d'agrumes a réuni, à Montpellier, deux cent soixante personnes en provenance de trente-neuf pays et de quatre départements et territoires d'outre-mer. Les pays du pourtour méditerranéen étaient largement représentés, ainsi que le continent américain. L'Afrique subsaharienne, l'Asie et le Pacifique étaient également présents. Deux ateliers, l'un consacré aux biotechnologies, l'autre à la détection et à la prévention des maladies, ont donné lieu à des échanges entre scientifiques et professionnels de la pépinière agrumicole.

A cette occasion, le Cirad a publié, dans la collection Techniques, *Pépinières et plantations d'agrumes*. Ce guide pratique est destiné aux pépiniéristes multiplicateurs de plants fruitiers ou d'ornement, qui ont pour vocation d'approvisionner le marché en sujets d'élite certifiés. Il prend en compte les résultats les plus avancés en matière de recherche sur les agrumes.

A la suite du congrès, la revue *Fruits* a consacré, en 1997, un numéro à la détection et à la prévention des maladies des agrumes et envisage un second numéro sur les biotechnologies, en 1998.

La maladie des taches noires de la mangue

Vers une lutte intégrée

La mangue connaît un succès croissant dans les pays développés. Ces dix dernières années, la valeur des importations a été multipliée par plus de cinq. La maladie des taches noires du manguier, causée par une bactérie du genre *Xanthomonas*, est l'une des principales menaces pour cette culture. Elle affecte l'ensemble des organes aériens, provoque la chute précoce des fruits et en altère la qualité. Elle touche principalement l'Asie, l'Australie, l'océan Indien et l'Afrique orientale et australe. En Afrique du Sud par exemple, les pertes ont atteint, en 1996, près de 10 % de la récolte potentielle, soit un manque à gagner d'environ 1 million de dollars des Etats-Unis.

Aucun moyen de lutte chimique n'étant satisfaisant, certains pays où la maladie est endémique mettent en œuvre une stratégie de prévention : diffusion par

Multiplication du bananier

Produire des vitroplants par embryogenèse

les pépiniéristes de matériel végétal sain et peu sensible et promotion de techniques culturales minimisant le développement des taches noires. Or, l'agent pathogène est également associé au faux poivrier, omniprésent dans les régions tropicales et subtropicales, notamment à proximité des vergers de manguiers.

Une recherche a donc été menée, en collaboration avec l'université du Kansas, aux Etats-Unis, et l'Institut national agronomique Paris-Grignon (Ina-pg), pour préciser l'importance épidémiologique des populations de souches présentes sur le faux poivrier. Grâce à l'utilisation d'outils moléculaires discriminants, notamment un gène d'avirulence, deux populations distinctes de l'agent pathogène, l'une inféodée au manguiier, l'autre au faux poivrier, ont été identifiées. Les souches analysées provenaient de collections de laboratoire, mais aussi d'un verger de manguiers bordé de faux poivriers à la Réunion, où toutes les conditions étaient réunies pour que les bactéries passent d'un hôte à l'autre.

L'interaction entre l'agent pathogène et les deux hôtes a été examinée. Sur leur hôte d'origine, les bactéries ont une meilleure aptitude à se multiplier, à provoquer les symptômes caractéristiques de la maladie et à produire de l'inoculum secondaire mobilisable pour des infections ultérieures.

L'étude microscopique de l'interaction de chacune des deux souches avec le manguiier fait apparaître que l'inoculation d'une souche originaire du manguiier aboutit à une forte multiplication bactérienne et conduit au faciès typique de la maladie. En revanche, l'inoculation d'une souche originaire du faux poivrier provoque une réaction de défense du manguiier, sous la forme de nécroses, qui limite le développement de l'agent pathogène.

Ces résultats montrent que l'incidence des souches bactériennes associées au faux poivrier est minime pour le manguiier. Il est donc possible d'améliorer sensiblement la lutte intégrée utilisée dans les pays touchés par cette maladie, sous réserve d'approfondir les connaissances sur certains aspects de l'épidémiologie et du diagnostic de l'agent pathogène.

La multiplication des bananiers est végétative. Traditionnellement, lorsqu'on souhaite planter une bananeraie, on utilise des rejets. Depuis quelques années cependant, un nouveau type de matériel de plantation connaît un succès croissant : le vitroplant. Ce plant obtenu par culture *in vitro* en laboratoire a l'avantage d'être indemne de maladie, de posséder une très bonne vigueur et d'être disponible tout au long de l'année.

Le Cirad, par ses recherches sur l'utilisation agronomique des vitroplants, par la mise au point de techniques de multiplication *in vitro* et d'acclimatation et par le contrôle des variations somaclonales, a participé de façon active à l'essor du vitroplant de bananier. Sa filiale, Vitropic, produit et commercialise depuis dix ans déjà des vitroplants de bananiers.

Une nouvelle méthode de multiplication des bananiers est développée actuellement : le clonage par embryogenèse somatique. L'embryogenèse fait l'objet de travaux depuis plus de dix ans. Les recherches en laboratoire menées à Montpellier sont étroitement associées aux travaux sur le terrain à la Martinique. Outre les avantages des vitroplants classiques, les bananiers issus d'embryons somatiques présenteront de nouvelles caractéristiques.

Le premier intérêt de l'embryon somatique devrait être un coût de production réduit par rapport au vitroplant classique, lié à un taux de prolifération bien supérieur. Le second avantage sera de disposer d'un contrôle de qualité garantissant au planteur la valeur agronomique du plant qu'il utilise. La technique d'embryogenèse permettra en effet de tester au champ un échantillon de plants avant que le lot complet dont il est issu soit diffusé chez le planteur. Cette technique pourra être appliquée aux cultivars traditionnels et à ceux qui sont issus des programmes d'amélioration.

Le Cirad est engagé dans une série d'essais sur la station expérimentale de Rivière Lézarde à la Martinique pour déterminer la conformité agronomique de ce nouveau matériel. Sur le cultivar de banane dessert Grande Naine, les premiers résultats indiquent que le développement végétatif, la floraison et la production sont en tout point comparables à ceux des vitro-plants classiques. Ces essais agronomiques constituent une première et un succès, mais ne sont qu'une des étapes nécessaires à la validation complète de la technique. Il faut en effet s'assurer que le changement d'échelle entre le laboratoire de recherche et la production commerciale n'entraînera pas de modification de la qualité des plants. Avant de pouvoir utiliser

la technique en routine, d'autres essais réalisés sur des surfaces de plus en plus importantes sont donc indispensables. Cela fait partie d'un projet de validation conduit par le Cirad et Vitropic et soutenu par l'Anvar, Agence nationale de valorisation de la recherche.

A moyen et long terme, la mise au point de l'embryogénèse somatique ouvre également de nouvelles perspectives dans le domaine de l'amélioration. Cette technique constitue en effet un outil supplémentaire au service des améliorateurs. Le Cirad a montré récemment la faisabilité technique de la transformation génétique sur des suspensions cellulaires embryogènes de bananier. Il est également impliqué dans un programme de création variétale fondé pour partie sur la fusion de protoplastes issus de suspensions embryogènes de divers cultivars, dans le cadre d'un projet de l'Union européenne.

ProMusa

ProMusa, programme mondial pour l'amélioration des *Musa*, est une initiative conjointe de la communauté scientifique internationale travaillant sur les bananiers, de l'Inibap, réseau international pour l'amélioration de la banane et de la banane plantain, et de la Banque mondiale. Cette initiative a été lancée en mars 1997, à la Guadeloupe, au cours de réunions internationales organisées par l'Inibap et la Banque mondiale.

Des groupes de travail thématiques ont été mis en place : quatre sur les principales contraintes parasitaires du bananier — les cercosporioses, la fusariose, les nématodes, les virus — et un cinquième sur l'amélioration génétique et les biotechnologies. Le Cirad participe aux activités de ces groupes.

ProMusa préfigure le système mondial de recherche agricole, dans lequel le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (Gcrai), les institutions de recherche avancée et les systèmes nationaux de recherche agricole collaborent avec des objectifs communs.

L'oignon au nord du Sénégal

Lutter contre la maladie des racines roses

Au nord du Sénégal, en zone soudano-sahélienne, le Gandiolais bénéficie de conditions pédoclimatiques favorables aux cultures maraîchères. En raison des difficultés de commercialisation liées à son enclavement, cette région a dû choisir un produit non périssable. Elle s'est spécialisée dans la production intensive d'oignons pour le marché urbain. Toutefois, le niveau et la qualité de la production restent très irréguliers.

Le Cirad a mis en œuvre, en collaboration avec l'Isra, Institut sénégalais de recherches agricoles, et en partenariat avec les producteurs, une démarche associant l'analyse du système de culture et de son environnement à des études thématiques, notamment en pathologie et en physiologie. Après avoir identifié et évalué les principaux facteurs limitant les

rendements, il a proposé des méthodes adaptées au contexte local pour augmenter la production et en améliorer la qualité.

L'étude de l'élaboration du rendement a mis en évidence et a permis de quantifier l'impact de la maladie des racines roses de l'oignon, due au champignon tellurique *Phoma terrestris*, sur le calibre des bulbes et sur le rendement. Une étude épidémiologique a révélé des variations significatives de l'expression de la maladie au sein des parcelles, tout au long de l'année. Les variations de température en particulier influent sur le potentiel infectieux du substrat. A l'issue de la saison chaude, les couches les plus superficielles s'avèrent moins favorables au développement de la maladie que les couches profondes.

Les observations ont conduit à élaborer et à tester des méthodes de lutte s'appuyant sur l'esquive, la compensation des effets de la maladie ou le contrôle de l'agent pathogène. Certaines pratiques paysannes, comme le parage des bulbes au moment de la récolte, les façons culturales du début de la campagne de saison fraîche, la technique de la transplantation, favorisent la maladie. D'autres limitent ses effets sur la production, comme une densité de plantation deux fois plus élevée que la densité recommandée ou des apports d'eau supérieurs de 40 % aux normes. Des innovations techniques ont été testées : la lutte chimique avec du dazomet ou le pralinage des racines avec du benomyl ; la lutte culturale par la gestion des apports d'eau et d'éléments minéraux, la modification du calendrier de culture, le choix du matériel végétal, la préparation des plants ; la lutte thermique par solarisation avec des films en plastique ; la lutte biologique par mycorhization.

A la suite de ces évaluations, deux systèmes de culture adaptés aux conditions de production en milieu infesté par la maladie des racines roses ont été proposés.

Le premier consiste à adapter les techniques traditionnelles afin de réduire l'incidence de la maladie. Tout en conservant le schéma actuel, production de plants en pépinière puis transplantation, le modèle précise les conditions de réalisation de la pépinière

Partenariat avec l'Inra

L'Inra et le Cirad ont décidé de renforcer leur collaboration sur les cultures maraîchères tropicales, dans le cadre d'une convention signée en 1996.

L'échange de chercheurs s'organise.

Un phytobactériologiste de l'Inra, accueilli par le Cirad à la Réunion, met au point des outils de biologie moléculaire pour diagnostiquer la maladie du flétrissement bactérien de la tomate. Une virologue du Cirad conduit un travail à l'Inra, à la Guadeloupe, pour caractériser les gémiviruses de la tomate.

Trois projets communs sont en cours : la création de variétés de tomate et de melon résistantes aux mouches mineuses ; l'amélioration des itinéraires techniques de la tomate destinée à l'industrie ; la modélisation du développement de la tomate sous abri en conditions tropicales.

Un groupe de réflexion réunissant des économistes des deux instituts a été lancé. L'échange d'informations est fréquent entre les chercheurs, notamment entre les agronomes maraîchers du Cirad et les sélectionneurs de l'Inra.

— sol neuf ou traité chimiquement, densité de semis plus faible, transplantation tardive —, les modalités de préparation de la parcelle et le suivi de la culture. Dans une situation socio-économique inchangée, ce système semble pouvoir être adopté par les producteurs, car il améliore la productivité des parcelles sans accroître les charges et sans modifier les pratiques de manière significative.

Le second itinéraire, plus novateur, nécessite des investissements en temps, en équipements et en formation, qui ne peuvent être envisagés que si les conditions de commercialisation s'améliorent. Il combine des pratiques entraînant une augmentation des charges de main-d'œuvre — irrigation plus fréquente, désinfection des parcelles — et l'emploi d'équipements pour le semis direct ou la culture hydroponique.

Traditionnellement curieux et désireux d'améliorer leurs productions, les maraîchers du Gandiolais ont réservé un accueil favorable à ce travail. Ils ont par-

ticipé aux actions de recherche en mobilisant leurs ressources et ont contribué à l'interprétation des résultats et aux propositions d'adaptation.

Petites Antilles

Des mesures pour diversifier l'agriculture

L'agriculture des Petites Antilles est centrée sur la banane et la canne à sucre. Malgré la protection dont ces cultures bénéficient dans le cadre des accords de Lomé, elles affrontent la concurrence internationale, notamment celle des pays latino-américains. Des tentatives de diversification des productions ont été lancées, sans rencontrer le succès espéré. La banane demeure la principale source de revenus des agriculteurs et elle attire investissements et ressources.

Toutefois, la libéralisation des échanges mondiaux dans le cadre de l'Omc, Organisation mondiale du commerce, et l'instabilité des prix qui en découle renforcent la vulnérabilité des agricultures spécialisées. Cela souligne la nécessité de diversifier l'agriculture antillaise avant que les problèmes ne deviennent trop aigus.

Le Cirad, en collaboration avec le ministère français de la coopération et l'Iica, institut interaméricain de coopération agricole, a lancé une étude pour évaluer la compétitivité de l'agriculture de la région. Plusieurs filières ont été examinées — les produits de l'élevage, les fruits et les légumes, les fleurs et les cultures vivrières — dans les îles suivantes : Guadeloupe, Martinique, Grenade, Sainte-Lucie, Saint-Vincent-et-les Grenadines, Dominique, Saint-Kitts-et-Nevis.

Dans leur ensemble, les filières d'exportation — fruits frais et fleurs — ne parviennent pas à résister durablement à la concurrence internationale. Que ce soit en termes de prix, de volume ou de qualité, leur

Coopération renforcée avec l'Asie

Depuis 1994, la coopération fruitière et horticole avec l'Asie connaît une forte croissance, grâce au soutien du ministère français des affaires étrangères.

Des projets bilatéraux de recherche ou d'appui au développement sont menés au Vietnam, où sont basés deux agents du département : l'un auprès de l'institut national de recherche des cultures fruitières pour le sud du Vietnam, sur les agrumes et les fruits tropicaux ; l'autre en appui au ministère de l'agriculture et du développement rural à Hanoi, pour l'élaboration de projets fruitiers et horticoles dans le nord du Vietnam.

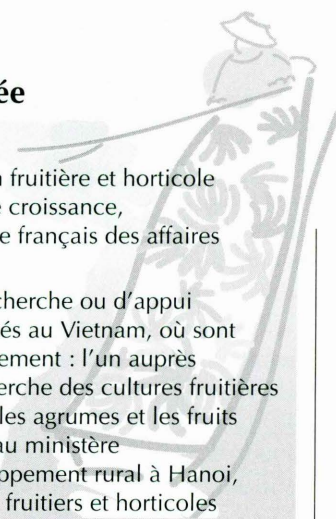
La coopération multilatérale est centrée sur le renforcement du partenariat avec l'Avrdc, centre asiatique sur les cultures maraîchères.

A Taïwan, un chercheur associé travaille sur le flétrissement bactérien de la tomate.

Un chercheur senior coordonnera prochainement le Clvnet, réseau qui couvre le Cambodge, le Laos et le Vietnam, avec un cofinancement de l'Adb, banque asiatique de développement.

potentiel de compétitivité reste limité. La faible productivité des exploitations, le manque de technicité des opérations de post-récolte, l'atomisation de l'offre, l'absence de structuration des filières, les faiblesses en marketing, mais aussi les coûts de transport très élevés sont autant de freins à la compétitivité internationale, malgré des coûts de main-d'œuvre très bas dans l'est des Petites Antilles. Une meilleure valorisation des fleurs et des fruits pour le marché touristique local et la transformation des fruits semblent constituer des possibilités de diversification plus réalistes.

Le développement des productions maraîchères et vivrières est plus favorable. En effet, ces produits sont prioritairement destinés à l'approvisionnement du marché intérieur, moins exposé à la concurrence et moins exigeant quant aux standards de qualité que le marché international. Cependant, cette filière se



caractérise par des capacités de production limitées, des lacunes agrotechniques importantes et un manque de professionnalisme des opérateurs.

Par ailleurs, les productions animales — porc et petits ruminants — ne sont pas compétitives en termes de coûts et ne peuvent prétendre rivaliser à court ou à moyen terme avec les importations. Dans la mesure où elles jouent un rôle considérable dans le fonctionnement socio-économique des petites et des moyennes exploitations, elles constituent une possibilité de développement intéressante à condition de recevoir le soutien des pouvoirs publics.

Ces résultats ont été présentés à des décideurs, des agriculteurs et des industriels de la région à l'occasion d'un séminaire organisé à la Guadeloupe. Un plan associant des actions nationales et régionales a été approuvé par l'ensemble des participants. Des mesures techniques et financières sont prévues afin d'inciter les entrepreneurs à investir dans les activités de diversification, de favoriser les produits sur le marché local et pour l'exportation, de mieux valoriser les occasions offertes par le tourisme et de faciliter le transfert des technologies mises au point par la recherche. Le plan d'action recommande aux instituts scientifiques de promouvoir des relations contractuelles avec les producteurs et les agro-industriels et de développer des recherches appliquées, en concertation avec les professionnels.

Sur cette base, un programme régional et différents sous-projets nationaux devraient être définis dans le cadre d'un partenariat entre les pouvoirs publics, les organisations professionnelles et la recherche, puis présentés aux autorités nationales et aux bailleurs de fonds. Plusieurs mesures sont envisagées, comme la mise en place de fonds d'investissement et d'un système d'assurance, la promotion des industries agro-alimentaires, notamment celles qui utilisent des produits locaux, la création de labels pour différencier les produits et le respect des normes internationales pour l'exportation.

Elevage et médecine vétérinaire

Le département d'élevage et de médecine vétérinaire doit renouveler ses approches et ses méthodes au service de deux grands défis : augmenter et intensifier les productions animales, gérer durablement les ressources naturelles, des parcours comme des zones protégées.

La compétitivité des filières animales en Afrique subsaharienne fait l'objet d'une vaste étude. Sur ce continent en pleine phase d'urbanisation, il est en effet important de prévoir l'évolution de la production face à une demande sans cesse croissante en produits d'origine animale. Toutes leurs fonctions, sur le plan tant social que commercial, sont prises en compte. Les premières conclusions font notamment apparaître qu'à l'horizon 2020 les productions d'espèces à cycle court sont appelées à un développement intense. Les recherches sur ces espèces auront donc des retombées très importantes.

En santé animale, le département a apporté son concours à de grands projets d'éradication de la peste et de la péripneumonie contagieuse bovines. Il a été consulté pour l'élaboration de réseaux de surveillance des maladies infectieuses et pour la mise au point de nouvelles méthodes de lutte. Il a construit, par génie génétique, un nouveau vaccin contre la peste des petits ruminants. Ses travaux sur les trypanosomoses l'ont conduit à proposer une méthode originale d'identification des zones à risques pour cette maladie parasitaire.

Il a également poursuivi ses études sur les relations entre l'élevage et l'environnement. En Nouvelle-Calédonie, des actions de recherche et de développement ont été conduites sur l'élevage du cerf et sur la gestion de la biodiversité. Grâce aux compétences acquises dans ce domaine, le Cirad s'implique dans la gestion dynamique des ressources naturelles. ■

Compétitivité des filières

Les productions animales en Afrique subsaharienne

Le ministère français de la coopération a demandé au Cirad un panorama complet des filières animales dans les cinquante pays de l'Afrique subsaharienne. Il s'agissait d'évaluer l'ensemble des activités liées à la production et à la consommation des protéines alimentaires animales, y compris la chasse. Le Bdpa, Bureau pour le développement de la production agricole, a collaboré à une partie de l'étude.

Un état des lieux des connaissances a été dressé sur une période de trente ans, de 1964 à 1994. L'équipe a dépouillé près de 1 800 publications, consulté des experts, mené des enquêtes dans chaque pays par l'intermédiaire des agents du Cirad et de la coopération. Elle a identifié des pays clés dans lesquels une enquête de terrain



permettra, lors d'une deuxième phase, d'actualiser certaines données. La synthèse de l'ensemble sera réalisée dans une troisième phase : l'objectif est d'anticiper les évolutions de ces filières à l'horizon 2020, afin d'en prévoir les besoins. La première étape achevée, quelques conclusions s'imposent.

En Afrique, les filières animales assurent de nombreuses fonctions, comme la production de fumier, l'épargne ou la trésorerie et l'emploi. Elles sont intégrées dans la vie sociale et favorisent les échanges sous forme de prêts, de cadeaux ou même de dots. A eux seuls, le travail et la fumure représentent le tiers de la valeur des produits commercialisés. Ainsi, si un troupeau d'environ mille bovins subvient aux besoins d'une seule famille en Australie, il en fait vivre près de quatre-vingts en Afrique subsaharienne, avec une productivité supérieure. L'importance de ces fonctions est souvent sous-estimée par les économistes, lorsqu'ils ne prennent en compte que la valeur marchande des produits.

Par ailleurs, la gamme des produits à étudier est très large. Très large par leur diversité, puisqu'ils comprennent la viande, le lait, le cuir. Très large également, par la multiplicité des traitements qu'ils subissent, depuis la source jusqu'à la dernière transformation. Cette grande diversité masque aussi l'importance de la filière.

Les économistes ont étudié les échanges internationaux des produits. Le Cirad a constitué une base de données sur les productions, les importations, les exportations, les consommations de l'ensemble des productions animales d'Afrique subsaharienne, en confrontant les statistiques de la Fao et de la Banque mondiale à celles de ses propres enquêtes. Le chiffre d'affaires mondial de la filière de l'élevage est très important : il représente 2,2 fois celui des céréales. Sur ce marché, l'ensemble des pays d'Afrique subsaharienne participe à 2 % des exportations alors que les importations atteignent 3,2 %. La consommation de protéines d'origine animale par habitant et par jour tend à diminuer. Elle n'est que de 11,2 grammes en moyenne alors que, dans le monde, elle est passée de 20 à 26 grammes en trente ans. Cette baisse rejoint celle du produit intérieur brut, indicateur du niveau de

vie. Enfin, la consommation de viande de bœuf a diminué, au profit de la viande de porc et de volaille.

Sept zones aux comportements alimentaires distincts ont été définies. La mieux nourrie est celle de la Corne de l'Afrique, sèche et pastorale, qui affiche une consommation de 14 grammes de protéines animales par jour, dont la moitié est constituée de produits laitiers. A l'opposé, les habitants des pays de savanes et de forêts autour du Zaïre ne consomment que 4 grammes, qu'ils trouvent principalement dans les produits de la chasse.

Pourtant, en trente ans, l'ensemble des pays d'Afrique a augmenté considérablement sa production : 65 % pour les bovins et, chiffre record, 400 % pour les volailles. Cette augmentation globale n'a pas amélioré pour autant le bien-être général, car elle est restée inférieure à la croissance démographique. Par ailleurs, l'urbanisation a modifié l'équilibre de la

Le VIII^e Symposium international d'épidémiologie et d'économie vétérinaires

En 1997, le symposium international d'épidémiologie et d'économie vétérinaires s'est tenu pour la première fois dans un pays francophone. Il a rassemblé à Paris plus de 1 000 participants et retenu plus de 400 communications. Les scientifiques du Cirad y ont présenté plusieurs travaux remarquables. Les méthodes développées par le Cirad ont notamment fait l'objet d'une conférence plénière intitulée « De l'écopathologie à la santé des agroécosystèmes ».

Elles prennent en compte tous les facteurs, tant agronomiques ou épidémiologiques que sociaux ou économiques, ayant un impact sur le problème local étudié. Cette approche a été illustrée par des expériences menées en régions tropicales. Au Sénégal, une méthode de collecte de données a été mise au point pour l'étude de la dynamique d'une population de petits ruminants. Au Tchad, l'organisation d'un réseau d'épidémiologie-surveillance national est en cours. Au Burkina, l'évaluation des risques de trypanosomoses animales prend en compte les pratiques agropastorales.

demande, créant des différences de modes de vie entre citadins et ruraux.

Cette première vue d'ensemble permet d'esquisser une projection des demandes à l'horizon 2020. Si le Pib augmente de 1,2 % par an — la progression mondiale est actuellement de 3 à 4 % —, la population de 2,6 % et si la croissance urbaine continue, la demande africaine en produits animaux sera de 7,3 millions de tonnes. Pour atteindre ces objectifs, si le progrès technique n'évolue qu'au rythme actuel, l'Afrique devra importer l'équivalent de ce qu'elle produit aujourd'hui.

L'intensification de la production est donc obligatoire. A l'issue de cette première phase, le Cirad recommande de mettre en place un plan d'action dans des zones prioritaires, selon une méthode inspirée du Bcg, groupe de consultants en marketing originaire de Boston, qui permet de choisir des stratégies prioritaires en fonction des opportunités des marchés. Il la complète par une analyse des opportunités et des contraintes techniques, et prévoit également des interventions spécifiques en fonction des situations humaines.

Epidémiologie des maladies infectieuses

Eradiquer la peste bovine en Afrique

Après dix années d'existence, la Parc, campagne panafricaine d'éradication de la peste bovine, dresse un bilan positif : la situation épidémiologique globale s'est considérablement améliorée. Le Cirad est conseiller technique et scientifique de ce programme financé par l'Union européenne.

Rappelons que l'éradication d'une maladie infectieuse telle que la peste bovine commence par une phase de vaccination massive. Lorsque la maladie combattue a disparu, pour être certain que l'agent pathogène ne

Laser, logiciel d'aide au suivi des élevages de ruminants

Le nouveau logiciel Laser s'inscrit dans la continuité de Panurge et de Pikbeu, logiciels Dos développés par le Cirad pour suivre la démographie et la croissance des troupeaux sur le terrain.

Dans de nombreux projets, il est en effet indispensable d'analyser les différentes situations d'élevage et de réaliser des diagnostics sur la productivité et les contraintes de production. Dans des enquêtes longitudinales, les animaux sont suivis de leur naissance jusqu'à leur mort. Ces enquêtes génèrent une information zootechnique et sanitaire très précise, riche et diversifiée.

Le logiciel Laser gère ces données individuelles.

Il gère également des bases de données Access 2.0 ou 7.0, dans un environnement Windows.

Ecrit sous Visual Basic 5.0, il est évolutif et peut être adapté aux différents systèmes d'élevage étudiés.

Il peut être complété par des modules pour calculer les poids aux âges types et les indices de productivité, pour suivre l'état sanitaire des troupeaux ou les expérimentations en milieu paysan. A partir de la base de données, il est possible de déduire des paramètres démographiques et de les utiliser dans des logiciels de simulation de croissance de troupeau, tel Winmod.

circule plus, il faut arrêter les vaccinations et mettre en place un système de surveillance afin de détecter rapidement toute réapparition de la maladie et d'intervenir en urgence si la présence d'un foyer est confirmée.

A ce jour, l'ouest de l'Afrique n'est plus infecté et l'arrêt des vaccinations y est en cours. A l'est du Soudan, plusieurs pays, encore infectés récemment, ont la capacité, à brève échéance, de contrôler cette maladie. L'arrêt des vaccinations y sera suivi prochainement. Au centre, le Tchad et la République centrafricaine ne sont plus infectés, mais ces deux pays ont la lourde responsabilité de protéger la partie ouest d'une réintroduction possible à partir du sud du Soudan. En effet, la guerre civile entrave la mise en place d'un programme de vaccination cohérent dans ce pays.

Selon les conditions exigées par l'Oie, ces pays pourront se déclarer provisoirement indemnes de peste bovine lorsque celle-ci n'aura pas été cliniquement décelée depuis au moins deux ans. Cela implique qu'ils soient dotés de services vétérinaires capables de surveiller l'évolution de la maladie dans le pays et de mener des enquêtes. Il revient à ces services de déclarer les réapparitions éventuelles de la maladie et l'arrêt total des vaccinations, et de prendre en charge les contrôles aux frontières et les quarantaines.

Le Cirad a été sollicité pour préparer la suite de ce programme d'éradication. Il fera des propositions pour le développement et la mise en place de réseaux de surveillance qui devront impliquer les éleveurs, les techniciens et les vétérinaires du service public, les laboratoires et les vétérinaires libéraux, dont le nombre augmente de façon significative. Cela suppose une organisation, une logistique et des moyens de communication importants.

Ces réseaux contrôleront non seulement la peste bovine, mais également les autres maladies infectieuses ou parasitaires dont les conséquences sont importantes pour la santé des hommes et des animaux.

Signalons également que, dans le cadre du projet Parc, le Cirad étudie le rôle de la faune sauvage dans l'épidémiologie de la peste bovine en Afrique.

Peste des petits ruminants

Un vaccin recombinant thermostable et plus sûr

La peste des petits ruminants, Ppr, est une maladie virale très contagieuse. Sous sa forme classique, elle ressemble cliniquement à la peste bovine ; elle est caractérisée par l'apparition d'une diarrhée importante et de lésions érosives de différentes muqueuses. Ces signes sont souvent accompagnés d'une bronchopneumonie aiguë, qui fait de la Ppr une maladie

respiratoire. En raison de taux de morbidité et de mortalité pouvant atteindre 80 %, surtout chez les jeunes, la Ppr apparaît de plus en plus comme la pathologie majeure des chèvres et des moutons dans toutes les zones où elle est endémique : le sud-ouest de l'Asie jusqu'au Moyen-Orient et tous les pays d'Afrique situés entre le Sahara et l'équateur.

Le virus responsable de cette maladie fait partie du même groupe que ceux de la rougeole, de la maladie de Carré et de la peste bovine. En raison d'une parenté antigénique très étroite, le vaccin anti-peste bovine a été utilisé pendant très longtemps pour lutter contre la Ppr. Cependant, un vaccin atténué homologue anti-Ppr a été développé au Cirad à la fin des années 80. Son utilisation est de plus en plus encouragée par les organisations internationales, comme la Fao et l'Oie. Or, si des tests spécifiques existent pour la différenciation entre virus Ppr et peste bovine, on ne peut pas faire de distinction sérologique entre les animaux qui ont reçu ce vaccin et ceux qui ont été infectés, ce qui fausse les études épidémiologiques. Le vaccin de la peste bovine classique comme le vaccin homologue anti-Ppr sont sensibles à la chaleur et doivent être maintenus au froid. Dans les zones d'endémie, les services vétérinaires ne sont pas toujours en mesure de respecter ces conditions. Aussi le Cirad a-t-il décidé de mettre au point un vaccin anti-Ppr thermostable en utilisant des techniques de génie génétique pour insérer les gènes des protéines vaccinales du virus de la Ppr dans le génome d'un vecteur thermostable. Le plus connu est le virus de la vaccine, ou virus cowpox. Il est facile à produire et à administrer, par scarification. Mais il a un défaut majeur : sa pathogénie résiduelle chez l'homme, notamment chez les sujets immuno-déprimés. Les scientifiques préfèrent aujourd'hui d'autres virus de la même famille (*poxviridae*) dont les spectres d'hôtes sont plus restreints. Les chercheurs du Cirad ont choisi le virus capripox, responsable de la variole des petits ruminants, qui n'infecte que les moutons, les chèvres et les bovins. Il se conserve bien à 37 °C pendant vingt jours à l'état lyophilisé. Une fois reconstitué dans l'eau distillée, il est stable à 45 °C pendant deux heures et demie.

Les travaux conduits au Cirad ont abouti à l'insertion des gènes de deux protéines du virus de la Ppr dans

Trypanosomoses animales

Identifier les zones d'intervention prioritaires

Les trypanosomoses animales, transmises par les glossines, ou mouches tsé-tsé, restent un obstacle majeur à l'élevage en Afrique subsaharienne. La lutte contre ces parasitoses passe par le contrôle des populations de vecteurs, mais les stratégies d'intervention ont changé. Les grandes campagnes d'éradication des glossines ne sont plus d'actualité, principalement pour des raisons de coût, de pérennité et de respect de l'environnement. À l'avenir, les actions seront centrées sur des zones jugées prioritaires en raison de leur potentiel de développement ou de leur importance épidémiologique. Il sera alors nécessaire de disposer de techniques fiables pour identifier rapidement ces zones.

Un vaste programme a été mené au Burkina par le Cirad et ses partenaires du Cnrs, du Cirdes, Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide, et de l'Inera, institut burkinabé de l'environnement et des recherches agricoles. L'étude a été menée dans une zone agropastorale au sud de Bobo-Dioulasso. Une série d'enquêtes a permis d'obtenir des informations précises sur les zones occupées par les glossines et les trypanosomes dangereux et sur les déplacements du bétail. Elles ont été confrontées aux informations obtenues par télédétection à haute résolution par satellite Spot.

Ainsi, dans les zones fortement agricoles d'Afrique occidentale, les espèces de glossines de savane sont en régression. En revanche, les deux espèces ripicoles présentes dans la zone étudiée, *Glossina palpalis gambiensis* et *G. tachinoides*, occupent des formations arborées le long du réseau hydrographique. Leurs biotopes respectifs sont bien connus : de larges galeries forestières très humides pour *G. palpalis gambiensis*, des galeries plus étroites pour *G. tachinoides*, qui peut supporter une certaine sécheresse. Les entomologistes pensaient que, dans la zone d'étude, située dans un front pionnier et soumise à une forte pression agri-

le génome d'une souche KS1 du capripox. Deux clones de recombinants ont été testés sur des chèvres. Les résultats préliminaires montrent qu'ils protègent les animaux contre la Ppr et la variole caprine, deux maladies dont les zones d'enzootie se recouvrent. Ainsi, en une injection, le nouveau vaccin protégera les animaux contre les deux maladies, ce qui lui donnera aussi un avantage économique. Ces travaux, menés depuis deux ans, ont été financés par le ministère de la coopération. D'autres expériences sont en cours pour aboutir au produit fini.

Collaborations franco-indiennes pour l'élevage du dromadaire

Pour la première fois au monde, le dosage de la mélatonine a été réalisé chez le dromadaire. Cette hormone joue un rôle dans la régulation saisonnière de l'activité sexuelle d'espèces domestiques bien connues, influencées par les jours courts, comme le mouton et la chèvre, ou les jours longs, comme le cheval. L'activité sexuelle du dromadaire est relancée entre les mois de novembre et d'avril. Les scientifiques ont vérifié que la mélatonine intervient dans cette régulation. L'objectif est de regrouper les mises bas sur des périodes plus favorables à la survie du chamelon qu'actuellement.

Ces travaux sont le fruit d'une collaboration avec le Nrcc, l'un des plus importants centres de recherche sur les camélidés du monde, situé au Rajasthan, en Inde, et l'Inra de Tours. Ils ont été financés par le ministère des affaires étrangères et réalisés à Montpellier par un chercheur indien. Des relations de longue date existent entre le Cirad et le Nrcc. En 1997, le Cirad a dressé une typologie des élevages de dromadaire au Rajasthan. Il en ressort que le travail est la fonction principale du dromadaire, très peu consommé dans cette région. Deux projets ont été déposés conjointement : l'un auprès de l'Union européenne, en collaboration avec l'université de Bari (Italie), sur sa nutrition minérale ; l'autre au centre franco-indien pour la promotion de la recherche avancée (Cefipra), en collaboration avec l'Inra, avec l'objectif d'acquérir les outils moléculaires nécessaires à la réalisation d'une carte génétique.

cole, les populations de glossines auraient régressé. En effet, l'extension des parcelles cultivées atteint par endroit le bord des rivières et les galeries forestières sont en partie dégradées. Or, des raisons morphopédologiques peuvent limiter cette extension. En périphérie des cours d'eau, si la nature des sols est peu propice aux cultures, les paysages riverains sont peu modifiés. Les hôtes nourriciers sauvages se raréfient, alors que le nombre de bovins des agropasteurs s'accroît. Une étude comparative effectuée à quinze ans d'intervalle a montré que les densités des glossines présentes dans ces galeries avaient augmenté.

Mais la présence de glossines ne suffit pas à déterminer le risque d'infection pour le bétail. Selon leur localisation, les mouches ne transportent pas les mêmes trypanosomes : certains sont dangereux pour les bovins, d'autres sont des parasites de reptiles, non pathogènes pour le bétail. L'identification de ces différents parasites a été réalisée grâce aux outils de biologie moléculaire, la Pcr, ou amplification en chaîne par polymérase. Les chercheurs ont ainsi établi une carte de la répartition des trypanosomes hébergés par les glossines. Elle révèle des situations très différentes dans deux zones séparées seulement d'une dizaine de kilomètres. Dans la première, les glossines se nourrissent préférentiellement sur les bovins et transmettent les parasites pathogènes, dans la seconde, elles s'alimentent principalement sur les reptiles sauvages et hébergent des trypanosomes non pathogènes.

Le risque de transmission de la maladie est ainsi lié aux probabilités de rencontre entre les populations de glossines porteuses de parasites pathogènes et le cheptel. Les principaux sites dangereux correspondent aux points de passage ou d'abreuvement des troupeaux. Les pratiques des éleveurs et des agriculteurs interviennent alors dans la réalisation de ces contacts. Ainsi, les éleveurs peuls déplacent des troupeaux de plus de 400 têtes en périphérie des zones agricoles, effectuent de petites transhumances et abreuvent leurs animaux dans les galeries forestières. En revanche, les agropasteurs ont un cheptel réduit, destiné principalement au travail, qui satisfait ses besoins en eau dans les puits des villages ou les campements et ne fréquente pas les biotopes des glossines.

Les pratiques pastorales sont donc au cœur du système épidémiologique. Des typologies des systèmes de production ont été réalisées et le cheptel de la zone a été entièrement recensé et géoréférencé. L'ensemble de ces données, incorporé dans un système d'information géographique, révèle les zones d'interface entre les trypanosomes, les glossines et les bovins.

Cette étude globale du risque trypanosomien dépasse l'approche épidémiologique classique par l'hôte, le vecteur et le parasite, en prenant en compte les dimensions agroécologiques et agroéconomiques. Il convient à présent de mettre en évidence les indicateurs qui permettront d'identifier rapidement les zones d'intervention prioritaires.

Elevage porcin aux Antilles

Des technologies de pointe au service des petits agriculteurs

Lorsque le Cirad a été appelé à Haïti pour sa première mission d'évaluation en 1985, les autorités locales cherchaient à renouveler la population porcine abattue lors d'une épidémie de peste porcine africaine. Le ministère américain de l'agriculture et l'IICA, institut international de coopération agricole, avaient introduit de nouvelles races performantes. Ces races étaient adaptées à la production industrielle, mais l'alimentation disponible en milieu villageois, trop pauvre en protéines et trop riche en cellulose, leur convenait mal. Or, le porc est une source de revenus importante pour les petits paysans. L'essentiel du cheptel de l'île est produit dans leurs exploitations. Son renouvellement passe par elles.

Le Cirad a proposé un protocole pour l'introduction d'une lignée rustique, peu exigeante sur le plan alimentaire, qui se reproduit facilement et rapidement. Les travaux, financés par le ministère français de la

Biodiversité en Nouvelle-Calédonie

La Nouvelle-Calédonie héberge plus d'espèces végétales que l'ensemble de la France métropolitaine et le nombre d'espèces animales endémiques y est l'un des plus élevés au monde. L'activité humaine croissante fragilise les milieux et impose la mise en œuvre d'une gestion durable des ressources naturelles.

Les actions menées par le Cirad sont financées dans le cadre du mandat de gestion, sur contrats de développement et conventions particulières.

Le Centre apporte son appui scientifique et méthodologique à la gestion de diverses espèces de gibier, mais aussi à l'élevage d'espèces locales comme le cerf Rusa ou l'escargot de l'île des Pins.

Il participe à des programmes de sauvegarde d'espèces d'oiseau protégées, comme le cagou ou la perruche d'Ouvéa.

Parallèlement à ces opérations sur le terrain, le Cirad a organisé un séminaire international sur la conservation de la perruche d'Ouvéa, en collaboration avec la province des îles Loyauté et la Ligue pour la protection des oiseaux. Il a mené, conjointement avec le Cnrs, le Cemagref et l'Onc, une mission d'expertise et de programmation sur la gestion des populations de cerfs sauvages et de chèvres ensauvagées, financée par les trois provinces. Enfin, il vient de signer une convention avec la province Nord pour l'étude d'un plan de gestion durable des ressources naturelles dans le massif de l'Aoupinié, sur la côte est. Ce projet vise à impliquer activement les populations dans une meilleure exploitation de la forêt naturelle et de la faune locale.

21,6 porcelets par truie et par an. Elle dépasse les productions obtenues à la Réunion, où les races classiques Large-White et Landrace ont été introduites.

Au total, 90 000 porcelets ont été produits en dix ans et diffusés en milieu villageois. La population porcine haïtienne comprenait 1 300 000 têtes avant la peste porcine africaine. Le cheptel, en phase finale de renouvellement, compte actuellement 750 000 têtes. De plus, cette réalisation est reconnue comme un modèle de production de haute qualité sanitaire en conditions tropicales.

coopération, puis par la Caisse française de développement, l'ont impliqué pendant douze ans avec ses partenaires de l'Inra et de la recherche porcine française, comme la station de pathologie porcine de Ploufragan ou le centre des coopératives de production animale (Ccpa) d'Osny. Depuis 1993, d'autres partenaires se sont joints au projet, tels le Bdpa et le groupe Fertile, au sein d'un Groupement momentané d'entreprises.

Pour la rusticité, le centre de recherche agronomique Antilles-Guyane de l'Inra a fourni une population créole de Guadeloupe, porc d'origine ibérique. L'Inra a mis à disposition des truies de races chinoises Meishan et Jiaying, très prolifiques et extrêmement rustiques — une portée peut atteindre 20 porcelets. Celles-ci sont croisées avec des verrats de race gasconne suivis par l'Itp, Institut technique du porc. Le génotype issu de ce croisement a été employé comme lignée femelle pour une hybridation avec des verrats de race créole.

Pour répondre aux normes sanitaires strictes imposées par les Etats-Unis, les bêtes introduites devaient être indemnes de tout germe (Spf). Elles ont suivi un parcours sanitaire complexe : des truies à l'origine des lignées créoles ont été envoyées de Guadeloupe au Centre national d'études vétérinaires et alimentaires (Cneva) de Ploufragan. Elles y ont été inséminées et élevées en bulle stérile. Les porcelets ont été envoyés par avion à Port-au-Prince, puis ont subi une quarantaine à l'île de la Tortue. Les truies chinoises viennent de la station Inra du Magneraud, près de Surgères. Elles sont inséminées avec de la semence de verrot de race gasconne et élevées au Ccpa d'Osny, autre centre français pour la production de porcs Spf. En 1987, 65 animaux créoles et 117 animaux sino-gascons également Spf ont été expédiés à Haïti.

Pour la production locale, une porcherie industrielle avec une conduite en bande, sur le modèle de la station du Magneraud, a été construite. De nouvelles normes ont dû être définies en fonction de la température, de l'hygrométrie et de la pluviométrie locales. Les installations comportent différents ateliers pour la saillie, la gestation, la mise bas, le sevrage et le préengraissement des porcelets. La production atteint

Forêts

Dans un contexte de forte pression, tant sur les espaces que sur les ressources forestières, comme en témoignent l'ampleur des incendies survenus en Asie du Sud-Est et la part prise par les opérateurs asiatiques dans les pays du bassin du Congo et en Amazonie, l'opinion internationale maintient sa mobilisation en faveur d'une gestion viable pour préserver les forêts tropicales. Bien des pays en développement poursuivent leurs efforts dans les domaines du droit forestier, de la décentralisation et de l'aménagement des forêts.

En coopération avec ses partenaires nationaux, régionaux et internationaux, le département des forêts analyse les orientations des législations forestières, des politiques économiques et fiscales et leurs conséquences. Il étudie les modes de décentralisation ou de délégation en matière de gestion des ressources forestières et les itinéraires techniques compatibles avec une gestion économe des écosystèmes forestiers tropicaux. Selon les conditions locales, il élabore des méthodes de création et de restauration des peuplements forestiers, ainsi que des procédés de transformation et de valorisation des bois qui optimisent la matière première.

Cette activité scientifique et technique repose sur des bases de connaissances régulièrement actualisées — qu'il s'agisse de l'autécologie, étude des relations d'une espèce avec son milieu, de la dynamique à moyen terme des écosystèmes forestiers, de l'organisation de la diversité génétique, de l'anatomie ou des propriétés intrinsèques des bois. Elle fait appel à des systèmes de gestion de l'information, mais aussi aux outils d'aide à la négociation ou à la décision.

La diversité des travaux s'appuie notamment sur une présence significative de son personnel sur le terrain — un tiers des ingénieurs-chercheurs sont affectés à l'étranger et outre-mer — et trouve, en 1997, son prolongement logique dans l'accroissement du nombre des stagiaires accueillis en formation.

Le XI^e Congrès forestier mondial, qui s'est tenu à Antalya, en Turquie, a été l'occasion de présenter l'état d'avancement des réflexions et des travaux sur les forêts tropicales sèches et humides, qu'elles soient naturelles ou plantées. Les thèmes abordés concernaient principalement la modélisation, les critères et indicateurs de gestion durable, les qualités technologiques des espèces de plantation à croissance rapide, les aménagements forestiers villageois et les parcs agroforestiers.

L'année écoulée a également été marquée par l'importance des réflexions liées à la réforme du Cirad. Le département des forêts, qui comprenait quatre programmes et sept unités de recherche, s'organise dès 1998 autour de trois programmes : forêts naturelles, arbres et plantations, bois. ■

Gestion sylvicole

Modéliser en forêt dense tropicale humide

De nombreux modèles forestiers de tous types ont été, depuis longtemps, élaborés dans les régions tempérées. Certains sont utilisés de manière opérationnelle, entre autres par le département forestier du ministère de l'agriculture (Usda) aux Etats-Unis. Ces modèles s'appliquent à des peuplements réguliers ou irréguliers — plurispécifiques et inéquiennes (dont



les espèces et les âges sont divers au sein d'un même peuplement) — en vue de simuler leur évolution et leur production au cours du temps, en fonction de différents scénarios de gestion.

En forêt hétérogène, et notamment tropicale, d'importants progrès restent à faire car les connaissances sur les processus biologiques fondamentaux sont fragmentaires. Les rares banques de données accessibles ne disposent que de peu de variables mesurées : en général, les diamètres à 1,30 mètre de hauteur et, rarement, les coordonnées cartésiennes. Le recul dans le temps est par ailleurs limité et ne dépasse pas une quinzaine d'années.

En 1991, un programme de modélisation de la dynamique forestière a été lancé par le Cirad afin de valoriser l'exceptionnelle quantité de données réunies sur l'un de ses dispositifs expérimentaux en forêt dense tropicale humide. A ce jour, deux modèles ont été élaborés dans le cadre de ce programme : un modèle matriciel de type « peuplement avec distribution », bien adapté aux scénarios simples de sylviculture, et un modèle de type « arbre » dépendant des distances, qui permet la simulation de règles plus complexes d'intervention en forêt. Ce dernier modèle a été calibré et évalué à partir des données du dispositif sylvicole de Paracou, en Guyane française. Les arbres, localisés au sein d'un peuplement, sont dotés de règles de vie décrites par des sous-modèles de croissance, de mortalité et de recrutement en fonction d'un pas de temps de trois ans.

Le modèle de croissance est dérivé d'un type « potentiel x réducteur » adapté aux spécificités de la forêt guyanaise. Il prédit l'accroissement d'un arbre en fonction de son diamètre à l'instant t et de son environnement immédiat, décrit par deux indices de compétition : l'un rend compte de la pression subie par l'arbre en début de période de croissance, l'autre de l'évolution de cette pression dans un passé proche. La prise en compte de quinze groupes d'espèces, homogènes du point de vue de la croissance, améliore considérablement l'efficacité du modèle. Quatre modèles de mortalité prédisent la mort sur pied et la mort par chablis primaire, secondaire ou complexe et un modèle de recrutement permet de gérer l'apparition

de nouveaux individus sur des placeaux de cent mètres carrés en fonction de la place disponible dans le peuplement.

Le modèle d'arbre a été traduit en langage informatique SmallTalk-80 par un chercheur du Laforia, Laboratoire des formes et d'intelligence artificielle, de l'université Paris VI, selon la technique des systèmes multi-agents. Le simulateur Selva issu de cette traduction est doté d'une interface conviviale. L'utilisateur peut ainsi suivre l'évolution virtuelle dans le temps d'un peuplement et de chacun des individus qui le constituent par le biais de cartes et de graphiques. Il lui est également possible de réaliser à tout moment une gamme très variée d'interventions de manière à tester des scénarios sylvicoles. Les différents essais réalisés montrent que les peuplements simulés présentent un comportement satisfaisant quelle que soit l'intensité des perturbations imposées ; cependant, leur réactivité est faible au regard des peuplements reproduits par le modèle matriciel, pourtant calibré à partir des mêmes données.

Ce type de modèle se révèle d'un grand intérêt à court terme, pour la communauté scientifique, et à plus long terme, pour le gestionnaire forestier. Différentes voies d'amélioration, allant de la collecte de nouvelles données sur le dispositif à une prise en compte plus efficace des informations disponibles, sont aujourd'hui explorées.

Forêts denses humides africaines

Transférer les acquis des recherches

L'accès aux connaissances relatives au patrimoine scientifique national comme international peut accélérer le processus de développement. De même, l'échange des savoirs rassemble les acteurs et renforce l'organisation des travaux. Pour toutes ces raisons, synthétiser et diffuser l'information relève des actions de coopération.

Sud-Est asiatique : à propos des incendies de 1997

L'ampleur prise par les incendies en Indonésie est essentiellement due aux nombreux foyers qui se sont propagés dans les régions de basse altitude du sud-est de Sumatra et du sud du Kalimantan, sur l'île de Bornéo. Ces régions correspondent à des zones de tourbières qui, sous l'action du feu, se consomment lentement en produisant d'importantes fumées. Les massifs de forêt primaire ont été peu touchés, contrairement aux zones exploitées. Les enquêtes en cours devraient rapidement fournir plus de précisions sur les surfaces détruites, par type de végétation, et sur les origines des foyers, en fonction des intérêts locaux en jeu. Le phénomène climatique El Niño ne saurait en effet être tenu pour seul responsable. La prise en considération des facteurs anthropiques devrait favoriser la mise en œuvre de moyens de prévention adaptés.

Le bilan général des travaux concerne notamment la dynamique des peuplements arborés en République centrafricaine, en Côte d'Ivoire et au Gabon, ou encore l'aménagement forestier au Cameroun, au Gabon et en Guinée. Plusieurs thèmes sont aussi approfondis, tels que l'évaluation de la ressource, la sylviculture, les méthodes statistiques d'analyse et les caractéristiques technologiques des bois commerciaux africains.

Pour élargir le champ d'investigation, les publications de la communauté scientifique ont été recensées. Environ 14 500 références francophones et anglophones sont aujourd'hui rassemblées dans une base de données constituée à partir des référentiels Agritrop et Sésame, ainsi que des principales bases tropicales.

Les mesures des dispositifs expérimentaux permanents implantés au Congo, en Côte d'Ivoire, au Gabon et en République centrafricaine ont été apurées pour être intégrées dans une base de données. Les inventaires anciens de la ressource sont archivés. Enfin, plus de mille cartes ont été répertoriées dans une autre base de données interactive. Les inventaires des photographies aériennes et des images satellitaires sont aussi achevés.

Pour passer à la phase de transfert, un site Internet sera hébergé en 1998 sur le serveur Www du Cirad. Une nouvelle étape sera alors franchie vers la mise en place d'un processus de régionalisation des recherches sur la gestion durable des forêts, en liaison avec la Coraf, Conférence des responsables de recherche agronomique en Afrique de l'Ouest et du Centre, et le réseau Fornessa de la Fao.

La transmission des connaissances et des savoir-faire passe également par la formation qui est dispensée aux organisations non gouvernementales de la région, aux chercheurs, gestionnaires, enseignants et professionnels. Notamment, une session d'initiation à l'aménagement, organisée au Congo, a été complétée par une formation sur la gestion des ressources renouvelables et l'aménagement forestier, au Cameroun, en collaboration avec l'université de Dschang. Au Gabon, avec le Cifor et la Coraf, un atelier a été consacré à l'approche participative dans la gestion des massifs.

Depuis près de trente ans, le Cirad a réalisé de nombreuses recherches sur les écosystèmes forestiers humides de l'Afrique centrale et occidentale. Le projet Forafri, financé par le Fac, Fonds d'aide et de coopération, a été lancé en 1996 pour capitaliser ces acquis et les valoriser en les transmettant aux acteurs de la filière dans cette zone. Le Cifor, centre international de recherche forestière, qui est responsable d'une action identique dans les pays anglophones, est aussi associé à Forafri. La phase de synthèse, déjà accompagnée d'actions de formation, se termine. Un comité scientifique et technique assure la validation des documents. Il réunit des représentants du Cirad, du Cifor, de la Fao, de l'Uicn (Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources), de l'Atibt (Association technique internationale des bois tropicaux) et de systèmes nationaux de recherche africains.

L'année 1997 a été consacrée à rassembler les divers éléments de connaissance afin de les mettre à la disposition des utilisateurs africains, qu'ils soient enseignants, scientifiques, industriels ou gestionnaires. Ce travail de synthèse a abouti à la réalisation d'une vingtaine d'ouvrages, traités par pays ou par thème.

Ces actions s'articulent avec celles des centres régionaux d'enseignement spécialisé en agriculture de l'Aupelf-Uref.

Toutes ces initiatives s'insèrent dans les priorités de projets environnementaux régionaux sous l'égide de l'Union européenne, de la Banque mondiale ou de l'Usaid, agence américaine pour le développement international. Elles pourront ainsi être poursuivies et valorisées dans un futur proche.

Plantations d'eucalyptus au Congo

Fertilisation, exploitation et production durable

Les plantations clonales d'eucalyptus hybrides réalisées dans les savanes côtières du Congo depuis 1978 couvrent actuellement 43 000 hectares. Les peuplements, exploités à l'âge de 7 ans, assurent une production de l'ordre de 100 mètres cubes par hectare de bois de pâte. Les parcelles sont ensuite systématiquement replantées afin de bénéficier des performances des nouveaux clones créés par le programme d'amélioration génétique de l'Ur2pi, Unité de recherche pour la productivité des plantations industrielles, une association congolaise dont le Cirad est membre fondateur. La production intensive et durable de bois de pâte dans ces sols ferrallitiques, très pauvres chimiquement, nécessite une stratégie précise d'apport d'engrais. Aussi de nombreuses expérimentations ont-elles été effectuées sur la fertilisation des peuplements. Pour étayer ces travaux, l'évolution de l'assimilation des éléments minéraux majeurs dans le clone le plus planté du massif est étudiée au cours de la croissance, en différenciant le bois, l'écorce, les branches, les feuilles et les racines.

Les dynamiques d'incorporation se révèlent très différentes selon les éléments minéraux. Ainsi, le calcium et le phosphore sont absorbés à un rythme quasi constant durant toute la rotation. Pour le calcium,

cette dynamique est classique chez les eucalyptus ; elle traduit un besoin continu des peuplements. Pour le phosphore, l'assimilation observée ici est originale, les eucalyptus ayant la capacité de remobiliser très fortement cet élément lors du vieillissement des tissus. La consommation de luxe mise en évidence chez le clone peut probablement être attribuée aux fortes disponibilités en phosphore des sols reboisés.

Le magnésium et le potassium sont mobilisés essentiellement au cours de la croissance juvénile des arbres. Les minéralomasses accumulées par tonne de matière sèche produite sont très faibles par rapport à celles généralement mesurées dans des plantations d'eucalyptus, ce qui révèle chez le clone une très bonne efficacité d'utilisation de ces éléments. Quant à l'azote, il présente une dynamique intermédiaire, les besoins restant importants entre 2 et 4 ans.

Les essais de fertilisation réalisés au Congo ont montré la très faible réponse des arbres à une fertilisation phosphatée, tandis que l'apport de potassium ou d'azote à la plantation augmente significativement la croissance. Ensuite, seule la fertilisation azotée se révèle efficace dans des peuplements âgés de 2 ans. Les dynamiques de prélèvement d'éléments nutritifs dans le sol concordent avec ces résultats. La mise en place de nouvelles expérimentations pourra également être envisagée afin, par exemple, de tester l'effet d'un apport modéré de dolomie à la plantation sur la croissance des clones. Les besoins à chaque âge étant quantifiés, l'ajustement des apports en termes de quantités d'unités fertilisantes, d'équilibre entre éléments et de dates d'épandage gagne en précision.

L'évaluation des quantités d'éléments minéraux accumulées à l'âge de 7 ans dans les différentes parties des arbres permet de déterminer l'influence du mode d'exploitation sur l'exportation d'éléments nutritifs hors de l'écosystème. Les minéralomasses exportées avec le bois de pâte sont, par hectare, de l'ordre de 80 kilos d'azote, 20 de phosphore, 30 de potassium, 25 de calcium et 15 de magnésium. L'écorçage des bois sur place réduit considérablement les exportations de phosphore et aussi, ce qui est plus important compte tenu de la pauvreté des sols, celles de calcium et de magnésium. L'impact de la commerciali-

sation des grosses branches sous forme de bois énergie se révèle très limité. En revanche, le débardage des arbres entiers en bordure des parcelles est à proscrire, car il entraîne un doublement des minéralomasses extraites par rapport à un mode d'exploitation où seul le bois de pâte est évacué.

Ces quantifications trouvent leur application dans l'ensemble du processus de production, de la plantation de l'arbre à la récolte du produit ligneux, pour une production durable de bois de pâte.

Agroforesterie au Burkina

Des haies vives pour des usages multiples

Au Burkina, la pression tant humaine qu'animale est à l'origine d'une forte dégradation des sols et des ressources forestières. Le recours aux haies vives d'arbres ou d'arbustes, éventuellement doublées de lignes d'herbacées, y est une option agroforestière aux fonctions très diverses.

Alignées selon les courbes de niveau, sur tranchées ou diguettes, ou encore sur les nombreux cordons pierreux de la région centre-nord du pays, les haies sont particulièrement appropriées pour lutter contre l'érosion hydrique des sols. Brise-vent, elles sont utilisées contre l'érosion éolienne. Défensives, elles forment une protection durable et économiquement viable. Elles préviennent la divagation des animaux, principalement en saison sèche quand la protection des cultures maraîchères oblige les paysans à dresser branchages et seccos. Fonctionnelles, dans l'aménagement de l'espace, elles délimitent le foncier, la voirie.

Quant aux produits de la haie, ils se déclinent sous de multiples formes, devenant pour les exploitants bois de feu ou de service, ou encore fourrage, aliment, médicament et revenu supplémentaire.

Le Guide d'aide à la décision en agroforesterie

Des chercheurs du Cirad ont participé à la rédaction du *Guide d'aide à la décision en agroforesterie*, ouvrage collectif publié par le Gret. Quelles actions agroforestières entreprendre, et selon quels critères ? Sur le terrain, quelles méthodes adopter ? Le premier tome fait le point des démarches envisageables, du diagnostic à la planification en passant par les options techniques et la production du matériel végétal. Les quarante-six fiches techniques du second tome privilégient les outils d'intervention de terrain en partenariat avec la population rurale : comment cerner les besoins spécifiques pour proposer des solutions adaptées ; comment organiser la conduite d'un projet, de la programmation à l'évaluation ; comment échanger et communiquer pour identifier et définir des choix techniques ; comment gérer une pépinière, choisir les espèces.

Afin de déterminer les espèces les mieux adaptées aux conditions locales, le Cirad, en partenariat avec l'Inera, Institut de l'environnement et des recherches agricoles, a mis en place une vingtaine d'essais, répartis dans les différentes zones écologiques du pays, à Djibo, Gonsé, Boni et Dinderesso.

Les essais de propagation ont montré le caractère incertain du semis face aux aléas climatiques, à l'enherbement, aux attaques d'insectes et autres déprédateurs. Par ailleurs, quels que soient le mode de multiplication et l'espacement testés, les meilleures survies, supérieures à 80 % des sujets, obligent malgré tout à regarnir les brèches afin d'assurer l'impénétrabilité des haies. Deux à trois ans après la plantation, une première coupe de formation, basse, assure une structure plus solide et difficilement franchissable. Ultérieurement, des coupes d'entretien, plus hautes, limitent le développement des haies défensives et les densifient. Ces essais ont permis de sélectionner des espèces rustiques répondant bien à des coupes successives : *Acacia nilotica* var. *adansonii*, à la croissance vigoureuse mais sensible au durcissement du sol, *Bauhinia rufescens*, à la croissance la plus homogène en tout site, *Acacia senegal*, *Ziziphus mauritiana* et, sur sols filtrants sableux, *Prosopis juliflora*.

Dans les haies antiérosives d'arbustes, *Grewia bicolor*, *Anogeissus leiocarpus* et, surtout, *Guiera senegalensis* ont donné de très bons résultats en termes de vigueur de croissance et de protection des sols, du fait de leur continuum de racines denses sous houppier et des litières abondantes qu'ils procurent.

La production ligneuse des divers types de haies a également été quantifiée. Ainsi, une haie de 8 ans sur double ligne en quinconce, à 0,50 mètre d'espacement, jamais rabattue, produit 9 kilos au mètre linéaire avec *Ziziphus mauritiana* ; *Acacia senegal* en produit 13, *Azadirachta indica* 34, *Acacia nilotica* var. *adansonii* 41, *Prosopis juliflora* 72 et *Cassia siamea* 181, en zone sahélienne. La même haie coupée à 0,30 mètre à 2 ans puis à 0,80 mètre à 5 ans

en procure beaucoup moins — 15 kilos pour *Azadirachta indica*, mais 2 à 5 kilos pour les autres arbustes, en zone nord-soudanienne ; une telle haie, composée de *Grewia bicolor*, *Guiera senegalensis* et *Anogeissus leiocarpus*, fournit 6 à 16 kilos de petit bois en zone sud-soudanienne. Ces chiffres expriment l'importance de la fonction productive des haies et le rôle qu'elles peuvent jouer dans l'approvisionnement en bois de feu ou de service des communautés rurales.

Il reste à préciser les modalités de gestion en milieu paysan afin d'obtenir les meilleurs compromis entre la croissance et la production des ligneux, l'exploitation des haies et la réponse des cultures associées. C'est dans ce domaine que les évaluations se poursuivent, et viendront clore une synthèse générale sur le sujet.

Cartographie génétique de l'eucalyptus et industrie papetière

Les reboisements en eucalyptus sont largement utilisés par l'industrie papetière. La transformation du bois en pâte à papier nécessite l'extraction chimique des lignines, soit environ 25 % de la biomasse, par un processus industriel coûteux et polluant. Obtenir des variétés d'eucalyptus à teneur réduite en lignines constitue donc un enjeu majeur.

La localisation des gènes directement impliqués dans la chaîne de biosynthèse des lignines et l'estimation de l'effet des différents allèles en termes de quantité et de qualité devraient accélérer la sélection de telles variétés. Par la technique Pcr-sscp (*single strand conformation polymorphism*), trois gènes sur les cinq déjà clonés et séquencés ont été positionnés sur les cartes génétiques existantes d'*Eucalyptus urophylla* et d'*E. grandis*. Les marqueurs moléculaires ainsi mis en évidence, il devient possible d'associer la composition chimique du bois aux différentes formes alléliques observées.

Production, technologie, industrie du bois

Les apports de la biomécanique

La biomécanique de l'arbre représente un champ de recherche ouvert aux scientifiques de la biologie végétale, de la modélisation de systèmes complexes et de la mécanique des matériaux et des structures. L'approche est donc à la fois biologique — pour connaître le développement et le fonctionnement de l'arbre — et mécanique — pour définir le comportement du bois matériau et de la structure que constitue l'arbre.

Ainsi, des forces internes contenues dans le bois sont à l'origine de difficultés technologiques liées aux différentes opérations de transformation : développement de fentes en bout, voire éclatement complet des grumes après tronçonnage et billonnage, apparition de fentes et déformation des pièces de bois après sciage, défauts de séchage liés à la présence de bois de réaction aux propriétés particulières induisant un comportement très hétérogène.

Les actions engagées par le Cirad en collaboration avec le laboratoire de mécanique et de génie civil de l'université Montpellier II servent des objectifs multiples, de la gestion rationnelle et durable des forêts à la transformation industrielle des bois.

Les critères de biomécanique sont pris en compte dans l'élaboration des diagnostics nécessaires pour sélectionner des arbres ou choisir des outils d'aide à la décision dans les interventions sylvicoles. Au Congo, l'eucalyptus fait l'objet d'études pour la sélection clonale dans les plantations, avec l'organisme Ur2pi. En Afrique du Sud, une étude menée avec le Csiir, centre de recherche scientifique et industrielle, et le groupe industriel Safcol vise à comprendre l'origine des fentes de résine présentes sur de grandes longueurs dans les troncs de pin (*Pinus elliotii*). Ce défaut, très courant sur les pins hors de leur aire d'origine, a des conséquences désastreuses sur les produits finis.

A la demande de l'Ademe, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, et du ministère français de l'agriculture, en collaboration avec l'Inra, le Cirad construit des modèles pour simuler la genèse mécanique du bois et prédire son comportement ainsi que l'apparition de défauts durant le sciage.

L'étude de la biomécanique des arbres intervient encore quand il s'agit de sélectionner les bois en fonction de leurs qualités et des usages auxquels ils sont destinés. A des fins d'optimisation des procédés, un projet est mené dans le cadre du programme européen Craft, avec l'université de Vigo, en Espagne, le centre technique du bois d'Ourense et des scieurs galiciens. La mise en valeur des bois de plantation de petit diamètre en Galice, notamment de l'eucalyptus, en est l'objectif principal.

Les modalités de mise en œuvre et d'utilisation des bois peuvent également être mieux définies en tenant compte des caractéristiques biomécaniques. Cette approche est intégrée dans un projet de développement du bois de plantation en Uruguay, qui est conduit en collaboration avec le centre de recherche uruguayen Latu. Au Maroc, les facteurs mécaniques déterminants pour l'utilisation des euca-

lyptus comme poteaux de ligne ont été étudiés en association avec l'école forestière marocaine de Salé et le laboratoire de génie civil de Casablanca.

De nouvelles techniques, comme la stabilisation mécanique des bois ronds par perçage axial et la relaxation progressive des contraintes mécaniques par traitement thermique, seront prochainement mises en application.

De la plantation au produit fabriqué, l'étude biomécanique contribue à une utilisation optimale du bois, qui prend en considération les limites du matériau et tire parti des qualités propres à chaque essence.

Effluents et production d'énergie

Le charbon de bois activé

Par manque de moyens, c'est le secteur industriel et artisanal qui est la principale source de pollution de la nappe phréatique dans les pays en développement. La conséquence immédiate est une indisponibilité chronique en eau potable pour les populations. Dans le cadre d'un programme du groupement Agrice — créé par les ministères français chargés de l'agriculture, de la recherche, de l'industrie et de l'environnement et géré par l'Ademe —, le Cirad s'est associé à deux partenaires pour proposer un procédé de transformation de la biomasse ligneuse en charbon de bois activé, agent de dépollution de l'eau puis élément de production d'énergie accompagnée de la destruction des polluants piégés.

Le charbon de bois occupe une place importante dans les pays en développement. L'activation de ce résidu de la carbonisation lui confère des propriétés physico-chimiques exceptionnelles. Or, le charbon actif n'est pas un produit naturel. Sa production implique un traitement chimique et relève de procédures particulières coûteuses, qui ne peuvent être mises en œuvre par les pratiques traditionnelles.

Le Cirad a amélioré les procédés traditionnels de production de charbon et a mis au point des techniques, relativement peu coûteuses, qui prennent en compte les possibilités technologiques et les ressources locales. Ainsi, elles permettent de valoriser des masses ligneuses largement disponibles, notamment les bois de taillis à courte rotation ou les coproduits agricoles non utilisés, tels que la paille de triticales ou de sorgho. Si l'on optimise les paramètres de pyrolyse — la vitesse de montée en température, la température et la durée du palier final —, la seule carbonisation, sans traitement chimique, suffit pour améliorer le pouvoir adsorbant des charbons. Des essais ont été menés en laboratoire sur une grande diversité de sous-produits agricoles et de produits forestiers afin de sélectionner les essences ou les déchets agricoles qui offrent la plus grande aptitude à l'activation.

Les procédures actuelles assurent une efficacité, mesurée en surface spécifique, de l'ordre de 300 à 400 mètres carrés par gramme de matière. Pour un charbon actif industriel, la surface spécifique atteint généralement environ 1 000 mètres carrés par gramme de matière. Cette capacité moindre est compensée par l'utilisation ultérieure du charbon contaminé comme combustible.

Les teneurs des différents composants polluants — tels que les acides gras organiques, les effluents d'abattoir, les résidus agro-industriels, les déchets agro-alimentaires, les lisiers — ont été évaluées par l'Institut supérieur agricole de Beauvais. A partir de ces données, un mélange dosé de charbon activé, d'eau chargée de polluants et d'air a été réalisé par l'université de technologie de Compiègne. L'incinération de ce mélange carboné pollué remplit alors une double fonction : la production d'énergie et la dégradation des polluants piégés.

Ce dispositif de dépollution à moindre coût intéresse déjà des sociétés africaines de traitement d'eau potable et des sociétés industrielles qui rejettent de grandes quantités de déchets, comme les huileries de palme en Afrique et en Asie, ou encore les industries de l'huile d'olive dans les pays méditerranéens.

Energie domestique au Mali

Stratégie énergie domestique, projet malien, est administré par la Banque mondiale sur financement de la coopération néerlandaise, du Gef, fonds pour l'environnement, et de l'Ida, association internationale de développement. Il a deux objectifs : rationaliser l'approvisionnement en bois de feu et vulgariser des combustibles de substitution pour limiter l'émission de gaz carbonique dans l'atmosphère, adapter l'exploitation forestière et favoriser la participation des populations villageoises et du secteur privé à la gestion de l'énergie domestique.

L'originalité du projet réside dans l'implication immédiate des opérateurs locaux dans la mise en place des marchés ruraux sur l'ensemble des bassins d'approvisionnement des villes de Bamako, Ségou, Koutiala, Mopti et Kayes. La réalisation de schémas directeurs d'approvisionnement et la création de deux cent soixante marchés ruraux, sur quatre années, doivent accompagner l'adoption de techniques de carbonisation plus performantes et de combustibles de substitution, ainsi que la diffusion de foyers améliorés à bois, charbon de bois, kérosène et gaz propane liquide.

Systemes agroalimentaires et ruraux

Les Etats se désengagent, le pouvoir des collectivités territoriales se renforce et des organisations de producteurs apparaissent. Le rôle et l'appui des institutions et des pouvoirs publics aux initiatives personnelles et collectives doivent être repensés. De même, les services tels que le crédit, la vulgarisation ou la recherche appliquée doivent être adaptés. Dans ce contexte, la qualité et la disponibilité de l'information sont essentielles.

Le département des systèmes agroalimentaires et ruraux a orienté ses recherches vers la mise au point de systèmes d'aide à la décision pour les acteurs du développement rural. Ces systèmes concernent tout d'abord les projets de l'exploitation agricole ou de l'entreprise agroalimentaire. Ils s'adressent aussi aux groupements, aux associations et aux entreprises de service. Ils se proposent d'éclairer les choix des décideurs, grâce à une vision prospective des économies régionales.

Les dynamiques de recherche-action engagées sur différents terrains ces dernières années ont également montré la nécessité de mieux coordonner les actions entreprises, dans une perspective d'aménagement du territoire. Le développement régional est devenu objet de recherche. Ces orientations ont largement inspiré la création du nouveau département territoires, environnement et acteurs. ■

Le boom du cacao en Indonésie

Des observations effectuées en Afrique de l'Ouest et en Amérique du Sud ont montré que les cycles productifs du cacao se déroulent selon un schéma commun. A une phase de forte croissance ou « boom », liée à des migrations humaines accompagnées de défrichements et de plantations, succède un retournement de tendance lié à l'épuisement des ressources productives, puis enfin une phase de déclin. Le cycle se répète alors dans une autre région.

A Sulawesi, en Indonésie, le Cirad a étudié une de ces phases de croissance. Ces recherches, menées en collaboration avec l'Askindo, association professionnelle regroupant les grands planteurs, les exportateurs et les industriels de la filière, bénéficient de l'appui financier des ministères français de la recherche et de la coopération et de la Banque mondiale. Elles ont pour objectif d'une part de vérifier et d'enrichir le modèle des cycles productifs du cacao, d'autre part de sensibiliser les planteurs, les exportateurs et les décideurs aux risques de crise écologique et économique pouvant succéder aux phases de croissance.

Le boom du cacao à Sulawesi présente les mêmes caractéristiques que les précédents : migrations massives, consommation de nouveaux espaces forestiers, mise en œuvre d'une agriculture familiale efficace, effet d'accélération lié à la hausse des prix du cacao en monnaie locale et à la réussite des premiers migrants. L'apparition de maladies et d'attaques d'insectes après une quinzaine d'années révèle cependant



un début de consommation de la rente que constitue la forêt les premières années. Le déséquilibre créé par la déforestation et l'extension continue des cacaoyères contribue en effet à transférer les ennemis des arbres spontanés de la forêt vers le cacaoyer. Sulawesi présente aussi des spécificités : en plaine, des sols alluviaux très riches permettent une certaine indépendance par rapport à la forêt ; les flux de migrants vers la Malaisie voisine facilitent le transfert de l'information et des savoir-faire ; enfin, la révolution verte dans les rizières a accéléré l'adoption des intrants. Dans un contexte de marché libre et concurrentiel, avec très peu de taxes, cette combinaison d'atouts écologiques, économiques et historiques a conduit Sulawesi à développer des fronts pionniers intensifs donnant des rendements très élevés, de 2 200 kilos

de cacao marchand par hectare en moyenne en plaine et de près de 1 500 kilos sur les collines.

Enfin, des comparaisons ont été amorcées avec le café, le girofle et le caoutchouc, dans une perspective d'analyse microéconomique des cycles des matières premières agricoles.

Appui aux producteurs malgaches

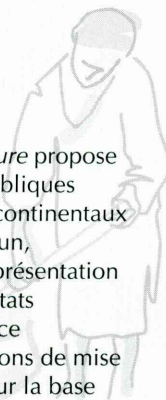
La création d'une entreprise de services

Après le désengagement de l'Etat des activités de conseil aux agriculteurs, un projet d'amélioration de la santé animale, financé par la Caisse française de développement, a débuté en 1995 dans la zone périurbaine d'Antsirabé, à Madagascar. Dans cette région, où sont installés de nombreux élevages de porcs et de volailles, le Cirad s'est associé au centre de recherche appliquée et de développement rural Fifamanor, qui assurait auparavant le suivi vétérinaire, dans l'attente de l'installation effective de vétérinaires privés.

La faible productivité des élevages était liée non seulement à des problèmes sanitaires, mais aussi à une alimentation mal adaptée et à de mauvaises conditions générales d'élevage. Un projet pour la résolution des problèmes de nutrition a donc été mis en place. Son organisation s'est progressivement rapprochée de celle d'une firme de services qui fournit des conseils techniques et se finance en vendant des adjuvants alimentaires — minéraux, oligoéléments, vitamines, antibiotiques. Sa principale activité est de conseiller les éleveurs pour la fabrication des aliments composés. Les éleveurs disposent de matières premières — céréales, son, tourteaux, racines et tubercules, farine de thon —, produites ou achetées sur place à Madagascar. Les techniciens effectuent des analyses nutritionnelles et sanitaires de ces matières premières et calculent la formulation de l'aliment la plus efficace

Politiques publiques et agriculture

L'ouvrage *Politiques publiques et agriculture* propose une mise en perspective des politiques publiques de trois pays choisis dans des ensembles continentaux et géoéconomiques différents : le Cameroun, le Mexique et l'Indonésie. A partir d'une présentation des disparités structurelles entre les trois Etats et de leurs similitudes face à la concurrence internationale, l'ouvrage décrit les conditions de mise en œuvre de leurs politiques publiques. Sur la base d'une analyse historique des filiations et des emboîtements entre politiques sectorielles et politiques économiques globales, il propose une périodisation et une caractérisation des politiques agricoles et présente quelques indicateurs de l'efficacité des choix effectués. L'analyse permet de souligner, au-delà des opportunités et des contraintes liées aux contextes nationaux, le rôle stratégique des choix politiques favorisant l'investissement productif et surtout le réinvestissement des fruits des croissances sectorielles. Cette relecture historique permet d'identifier les rigidités politiques actuelles et les marges de manœuvre disponibles pour l'action.



Un appui à la planification en Palestine

A la suite de contacts pris par le ministère de l'agriculture de l'autorité palestinienne et par une organisation non gouvernementale, le Parc, avec le pôle Agropolis à Montpellier et la chambre régionale d'agriculture du Languedoc-Roussillon, le projet Amodesp a été mis en place en Palestine avec l'appui du consulat général de France. Ce projet part du double constat d'un manque d'informations sur les dynamiques agricoles dans les territoires palestiniens et d'une demande d'aide à la planification.

Il intervient à l'échelle locale, du district et des territoires palestiniens. A chaque échelon, des mécanismes de concertation sont testés. En 1997, le projet a débuté sur le district de Naplouse avec la réalisation d'un zonage, la constitution d'une base de données agricoles et l'organisation d'une formation à l'appui au développement local. La démarche devrait être étendue progressivement à d'autres districts au cours des prochaines années.

et la plus économique. Ce service est vendu à faible prix aux éleveurs, qui préparent ensuite eux-mêmes, à la ferme, leurs aliments composés. Une société française fournissant certains adjuvants, Guyomarc'h nutrition animale, apporte son appui pour les analyses et la formation des techniciens. Les activités de conseil concernent également d'autres domaines : la génétique, l'aide à la conception de bâtiments et le suivi économique des élevages.

Six cents éleveurs font aujourd'hui appel à ces services. Le projet encadre 340 élevages de porcs, ainsi que 140 élevages de volailles totalisant 50 000 pondueuses avec une production annuelle de 15 millions d'œufs. La région d'Antsirabé, qui autrefois importait des œufs, est devenue exportatrice. L'augmentation de la production a entraîné une baisse des prix pour le consommateur. Certains éleveurs, pour qui l'élevage était une activité annexe ou une simple épargne dans une situation d'inflation, sont devenus des professionnels de la filière.

Il reste à achever l'installation d'une véritable société privée dont les différentes prestations assureront dura-

blement la rentabilité. Des antennes vont être créées dans d'autres régions de Madagascar et la fabrication de concentrés alimentaires adaptés aux besoins régionaux sera développée en tenant compte de la disponibilité des matières premières locales.

Valorisation des productions vivrières locales

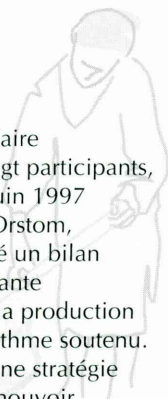
Des cossettes d'igname pour les marchés urbains

Dans les pays du golfe de Guinée, l'igname est un produit très apprécié des populations, y compris des citadins. Les villes sont approvisionnées en tubercules frais. Cette filière présente certains inconvénients : les variétés à gros tubercules, adaptées à l'utilisation en frais, ont de fortes exigences agronomiques ; les pertes de post-récolte sont importantes, la disponibilité est irrégulière au long de l'année, les coûts de transport et les prix au consommateur sont élevés.

Depuis une quinzaine d'années, une filière d'approvisionnement en cossettes s'est développée au sud-ouest du Nigeria, au Bénin et, dans une moindre mesure, au Togo. Les cossettes sont obtenues après précuisson et séchage au soleil des tubercules épluchés. Après concassage et broyage de ces cossettes, on obtient une farine qui sert à fabriquer une pâte, l'*amala*. Pour établir les atouts et les contraintes de cette filière, de la production à la consommation, un projet régional a réuni des organismes nationaux de recherche — la Fsa-Unb au Bénin, le Nrcr au Nigeria, l'Incv au Togo —, en association avec le département des cultures annuelles du Cirad et l'Institut international d'agriculture tropicale, l'Iita. Une équipe pluridisciplinaire regroupant agronomes, technologues, nutritionnistes et socio-économistes a mené des enquêtes auprès des consommateurs, des restaurateurs, des commerçants et des producteurs, et a dressé un diagnostic du système technique de transformation de l'igname en cossettes.

L'igname, plante séculaire et culture d'avenir

Un séminaire sur l'igname, plante séculaire et culture d'avenir, a rassemblé cent vingt participants, en majorité africains et européens, en juin 1997 à Montpellier. Organisé par le Cirad, l'Orstom, l'Inra et la Coraf, le séminaire a présenté un bilan des recherches scientifiques sur cette plante peu étudiée jusqu'à présent, mais dont la production et la consommation augmentent à un rythme soutenu. Cette initiative est la première étape d'une stratégie de recherche-développement pour promouvoir les ignames et leur permettre de jouer pleinement leur rôle dans la sécurité alimentaire et la reconquête des marchés urbains. Les actes du séminaire sont en cours d'édition.



Bonne chance Akassa

Le Burkina produit du maïs, mais cherche à mieux le valoriser en mettant sur le marché des produits nouveaux. Au Bénin, pays voisin, une quarantaine de produits alimentaires à base de maïs sont consommés régulièrement : semoule, bouillie, yaourt, *akassa*, *ablo*. Le projet Aval, action de valorisation des savoir-faire agroalimentaires locaux en Afrique de l'Ouest, financé par le ministère français de la coopération, favorise depuis 1994 des échanges de recettes entre restauratrices béninoises, burkinabés et sénégalaises, en escomptant que les restaurants seront les meilleurs vecteurs pour populariser les recettes et les transformer en nouvelles habitudes alimentaires. Un film documentaire, *Bonne chance Akassa*, a été réalisé sur cette opération avec l'agence Périscop. Il a été diffusé sur les télévisions nationales au Bénin, au Burkina et au Sénégal et a été présenté aux rencontres internationales de la vidéo agricole de Saint-Hyacinthe au Canada en janvier 1998.

L'*amala* a réellement pénétré les habitudes alimentaires citadines, en particulier au sud-ouest du Nigeria et au sud du Bénin. Il est désormais plus consommé que l'igname pilée et est apprécié pour son goût et sa facilité de préparation. L'*amala* est même devenu le premier produit alimentaire consommé par les citadins du sud-ouest du Nigeria. Les cossettes d'igname

se conservent plusieurs mois, leur faible teneur en eau permet de réduire les coûts de transport et leur prix est compétitif par rapport à celui d'autres amylacées. De plus, les variétés à petits tubercules comme la variété Kokoro, adaptées à cette transformation car plus faciles à sécher, se contentent de sols moins riches et sont moins exigeantes en travail. Une seconde phase de recherche-développement est envisagée pour optimiser le procédé de production commerciale de cossettes et le diffuser dans d'autres pays producteurs d'igname. Il faut notamment lutter contre les attaques d'insectes pendant le stockage, améliorer les procédés de blanchiment et de séchage et diversifier l'utilisation de la farine.


Agriculture familiale au Brésil

Commercialiser les fromages artisanaux

Dans un contexte d'ouverture des marchés, l'agriculture familiale brésilienne doit faire face à la concurrence, trouver de nouveaux circuits de commercialisation et tenter d'occuper des niches de marché spécifiques.

Dans l'Etat du Sergipe, dans le Nordeste, la production laitière s'est déplacée ces dernières années vers des zones semi-arides, à priori moins favorables. La présence dans ces zones de trois circuits de commercialisation — fermier, artisanal et industriel — explique cette situation. En 1994, le Cirad, l'Embrapa, organisme national de recherche brésilien, et l'Emdagro, entreprise de développement rural, ont réalisé une typologie des producteurs laitiers et un diagnostic sur la commercialisation des produits. Ce diagnostic montre l'importance quantitative de la production artisanale de fromages, qui transforme 40 à 60 % du lait collecté. Or, ces petites fromageries ne sont pas reconnues légalement ; elles ne sont pas non plus bénéficiaires d'appuis au développement. Pourtant, elles présentent de nombreux avantages : elles sont disséminées en

Le procédé de friture et la qualité des produits frits



La friture est un procédé majeur dans les industries agroalimentaires, tant par son intérêt économique que par la diversité de ses applications — cuisson, séchage, traitement de déchets. Ce procédé est resté jusqu'ici peu étudié et insuffisamment maîtrisé, ce qui pose de nombreux problèmes aux industriels et aux consommateurs : coût énergétique, teneur en graisses excessive des produits, pollution par les effluents. Le congrès pluridisciplinaire sur la maîtrise du procédé de friture et la qualité des produits frits, organisé à Montpellier en novembre 1997, a fait le point sur les avancées récentes concernant la compréhension du procédé, ses applications traditionnelles et non traditionnelles comme le séchage de fruits oléagineux et de déchets d'abattoir avant pressage et extraction d'huile, la qualité des produits, les équipements, le respect de l'environnement et les tendances de consommation des produits frits dans le monde, notamment en milieu urbain. La friture s'est affirmée comme une opération à part entière du génie des procédés, polyvalente et porteuse d'innovations. Le congrès était organisé par le Cirad dans le cadre des journées Chevreul 1997, sous l'égide d'Agropolis international, en collaboration avec l'Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires, l'Ensia, et avec plusieurs associations professionnelles — l'Afécg, l'Acia et le Gfcp. Il a rassemblé une centaine de scientifiques et d'industriels.

aspects positifs et négatifs de la qualité des fromages artisanaux et aboutir à une réglementation adaptée.

En 1997, deux études ont été menées, l'une sur la qualité sanitaire du lait et des fromages, l'autre sur la perception de cette qualité par les consommateurs de la capitale, Aracaju. Des problèmes sanitaires ont été constatés, mettant en cause l'hygiène de la traite, les modalités de transport du lait et la proximité des élevages de porcs. Le circuit de ramassage du lait constitue un réseau socio-technique sur lequel s'appuyer pour cibler et diffuser des conseils. Par ailleurs, l'amélioration de la filière implique une action publique pour garantir la qualité de l'eau et amener l'électricité. L'enquête sur la perception de la qualité en ville a montré un attachement des consommateurs de toutes les classes sociales à ce produit. Ils en apprécient le goût et l'apparence, sont satisfaits du système de distribution de proximité, mais émettent quelques réserves quant à la qualité sanitaire.

Ces réflexions concernent également d'autres produits transformés à la ferme ou en milieu rural : miel, jus de fruits, conserves, charcuterie. En juin, plus de quatre cents personnes — agriculteurs, entrepreneurs, élus locaux et chercheurs — ont participé aux premières rencontres sur les agro-industries rurales du Nordeste. Ces rencontres, organisées avec le ministère brésilien de l'agriculture, le Cpatas, centre de l'Embrapa, et le Sebrae, service brésilien d'appui aux petites entreprises, ont permis de comparer les diverses expériences. Elles ont montré l'intérêt de promouvoir des produits locaux originaux et de mettre en place des réglementations différenciées adaptées à ces produits.

zone rurale, sont proches des producteurs, les payent comptant et leur restituent le petit lait, qui permet d'engraisser des porcs.

Les résultats de la recherche ont été communiqués aux acteurs locaux et aux autorités de l'Etat. L'existence et l'importance de ces fromageries ont été reconnues, ainsi que l'intérêt pour les producteurs de la coexistence de plusieurs circuits de commercialisation. Une discussion a été engagée pour inscrire les fromageries dans le cadre du plan de développement de l'élevage laitier du Sergipe. Un dispositif de transition plurianuel est en cours de négociation pour identifier les

Gestion, recherche, documentation et appui technique

L'évolution extrêmement rapide de la science en cette fin de siècle constitue un défi particulier dans le domaine de la recherche pour le développement. Comment intégrer et transférer les véritables révolutions que connaissent actuellement les sciences biologiques, économiques et sociales ? Les unités de recherche et les laboratoires communs qu'héberge le département répondent, en partie, à cette préoccupation. Ils ont pour mission de gérer les nouveaux outils, de concevoir les connaissances de base et d'élaborer les méthodes nécessaires aux projets scientifiques des autres départements.

Ainsi, la reconnaissance scientifique acquise par le laboratoire de biotechnologie végétale en matière de cartographie du génome des espèces tropicales l'a conduit à étendre sa coopération aux laboratoires mondiaux les plus renommés. Ses travaux sur les graminées tropicales confèrent au laboratoire un rôle d'animateur dans le projet européen d'étude génomique des céréales, Egram, qu'il partage avec l'Orstom. Cette année a été également marquée par des améliorations importantes dans l'analyse des génomes polyploïdes, grâce à l'hybridation in situ, et dans le domaine du génie génétique, avec la mise au point de vecteurs de transformation à cassettes modulables.

La modélisation franchit une nouvelle étape vers la création de plantations virtuelles fonctionnelles. Le couplage d'Amap, logiciel de simulation de l'architecture des plantes, avec des systèmes d'information géographique ou des modèles de processus fonctionnels permet dès maintenant d'envisager la gestion des paramètres de la ressource forestière ou de la production agricole, par exemple. La modélisation est aussi un outil essentiel pour les sciences économiques et sociales, que ce soit dans l'analyse et la gestion des ressources naturelles ou pour l'aide à la décision en matière de politiques agricoles.

Tout au long de l'année, les chercheurs du département ont largement participé à la réflexion sur la réorganisation scientifique du Cirad. Un consensus s'est dégagé pour regrouper les compétences au sein d'un nouveau département, pour tous les champs disciplinaires, à l'image de ce qui existe déjà dans les domaines des biotechnologies et de la modélisation. Ce département sera chargé, en particulier, de créer les conditions du transfert des connaissances de base, des méthodes et des savoirs, afin que le Cirad œuvre efficacement à la recherche finalisée pour le développement. ■

Hybridation génomique in situ

Suivre les introgressions chez la canne à sucre et le bananier

Accroître la variabilité génétique en réalisant des croisements interspécifiques est un facteur clé dans l'amélioration des cultivars de canne à sucre et de bananier. Pour mieux comprendre les processus d'introgression mis en jeu lors de ces croisements et suivre leur déroulement, l'hybridation génomique *in situ* constitue un outil puissant.

Cette technique permet en effet d'identifier les chromosomes issus d'espèces différentes chez des hybrides interspécifiques. Elle consiste à hybrider, sur des préparations chromosomiques d'hybrides, l'Adn total de chacune des espèces parentales marqué par un



fluorochrome distinct. Si les espèces sont suffisamment éloignées, leur Adn s'associe préférentiellement aux chromosomes ou aux portions de chromosomes qu'elles ont apportés à l'hybride, qui se signaleront alors par des couleurs différentes. L'hybridation génomique *in situ* permet ainsi de déterminer la structure exacte des génomes hybrides interspécifiques. Elle est particulièrement utile pour l'étude des génomes hybrides polyploïdes, pour lesquels l'analyse au moyen de marqueurs moléculaires classiques se heurte au problème du dosage allélique. C'est le cas des clones de canne à sucre et de certains cultivars de bananier.

Les cultivars de canne à sucre, dont le nombre chromosomique varie de 100 à 130, proviennent de croisements réalisés au début du siècle entre l'espèce productrice de sucre *Saccharum officinarum* ($2n = 80$) et l'espèce sauvage *S. spontaneum* ($2n = 40-128$). L'hybridation *in situ* permet de distinguer les chromosomes de ces deux espèces. Elle montre que la proportion du génome apportée par l'espèce sauvage varie selon les cultivars. D'autre part, elle révèle que, contrairement aux idées admises, des échanges se produisent entre les chromosomes des deux espèces. Ainsi, le génome du clone R 570 est constitué pour 10 % de chromosomes entiers provenant de *S. spontaneum* et celui du clone Nco 376 pour 20 %. Ces deux clones présentent chacun 10 % de chromosomes issus d'échanges entre les chromosomes des deux espèces.

Chez les bananiers, de nombreux cultivars sont triploïdes. La plupart de ces cultivars sont issus d'hybridation naturelle entre l'espèce *Musa acuminata*, de génome A ($2n = 22$), et l'espèce *M. balbisiana*, de génome B ($2n = 22$). Leur appartenance au groupe génomique AAB ou ABB est actuellement déterminée par leur ressemblance phénotypique plus ou moins grande avec l'une ou l'autre de ces espèces. De nouveaux clones triploïdes sont également créés par croisement. Les analyses réalisées grâce à l'hybridation génomique *in situ* prouvent qu'il est possible de distinguer les génomes A et B. Elles vont donc se poursuivre afin d'identifier la part qui revient à chacun de ces génomes dans la constitution des clones triploïdes naturels et artificiels.



Des vecteurs de transformation modulables

Les vecteurs de transformation sont des constructions génétiques capables d'introduire un fragment d'Adn dans le génome d'une cellule hôte, d'y assurer l'expression du gène d'intérêt qu'ils portent et de sélectionner les cellules transformées. Ils sont constitués de plusieurs éléments, qui doivent être adaptés à chaque programme de transformation et au système d'expression de la plante hôte. Ainsi, le promoteur, qui régule l'expression du gène d'intérêt, diffère selon que l'expression du gène est ubiquitaire ou restreinte à un organe, mais également selon que la plante à transformer est une monocotylédone ou une dicotylédone.

Le Cirad travaille depuis quatre ans à la création de vecteurs utilisables pour ces différents types de plante. Il a ainsi mis au point des vecteurs fondés sur des systèmes de cassettes modulables.

Ils permettent de remplacer facilement les modules porteurs des gènes d'intérêt, du promoteur, du terminateur et des gènes rapporteurs ou de sélection pour répondre aux besoins de chaque plante. Le Cirad dispose désormais de tous les outils nécessaires pour mener à bien ses programmes de transformation génétique. Il a déjà obtenu grâce à ces vecteurs des plantes transgéniques de caféier, de riz et de maïs.

Images de synthèse et télédétection

Modéliser et interpréter les signaux radar

Si le logiciel Amap est surtout utilisé pour produire des images de synthèse de végétaux, il trouve aussi des applications dans d'autres domaines de recherche comme l'agroforesterie et la télédétection. En télédétection, Amap sert en particulier à simuler et à interpréter l'interaction entre l'onde et l'architecture végétale. Il s'agit notamment de simuler le transfert radiatif dans les couverts végétaux ou bien encore l'écho radar. De plus, Amap permet de simuler des paysages forestiers en trois dimensions grâce à son

couplage avec un système d'information géographique : les données issues d'images satellitaires de radars à synthèse d'ouverture sont spatialisées afin d'obtenir une représentation virtuelle de la zone d'étude. Pour ce faire, on recrée un paysage qui intègre une modélisation numérique du terrain et des maquettes d'arbres, sorte de plantation virtuelle sur laquelle sont réalisées des estimations de paramètres.

Ces deux aspects sont développés dans le cadre de recherches menées au sein de la Maison de la télédétection par le Cemagref, l'Engref et le Cirad. Des électromagnéticiens du Cesbio, Centre d'études spatiales de la biosphère, à Toulouse, et des gestionnaires de l'Office national des forêts participent à ces études.

Afin de généraliser l'utilisation des données issues des radars à synthèse d'ouverture, il était indispensable de bien comprendre l'information transmise par le signal, donc de coupler Amap avec un modèle du signal. Le logiciel Amap2sar est le fruit de ces travaux. C'est un outil métrologique qui travaille sur les maquettes de végétaux d'Amap. Il donne accès, pour un groupe d'arbres, à un ensemble de paramètres très difficiles, voire impossibles, à mesurer sur le terrain : nombre total de branches, de feuilles ou d'aiguilles, répartition par classes de taille, de hauteur ou d'orientation des branches, volume, poids... Amap2sar est un outil d'analyse très puissant. Il a été acquis par l'Esa, Agence spatiale européenne, pour comprendre l'influence de l'architecture d'un couvert forestier sur la propagation des ondes dans les milieux naturels. Il pourrait cependant tout à fait s'appliquer à l'étude de signaux d'une autre nature, optique par exemple.

Afin de valider ces modèles, un premier travail a été réalisé. Il s'agissait de coupler des données de radars à synthèse d'ouverture avec les modèles architecturaux de croissance d'Amap, et cela dans un système d'information géographique. Pour chaque parcelle, les données radar indiquent l'âge moyen du peuplement et la biomasse globale, le système d'information géographique précise l'espèce et la densité d'arbres. Amap peut alors simuler la parcelle et en déduire des informations beaucoup plus détaillées, déterminantes pour les gestionnaires de la forêt : nombre de branches par classe de diamètre, répartition verticale de la bio-

masse, volume et distribution des troncs, des branches, des feuilles ou des aiguilles.

Il faut maintenant ajuster le modèle existant et le complexifier, notamment pour tenir compte de l'hétérogénéité de certains peuplements et de conditions stationnelles variables. Mais, à terme, il sera possible de cartographier plusieurs paramètres de la ressource forestière : volume et biomasse compartimentés, nombre d'individus, architecture. Ces paramètres intéressent au plus haut point les forestiers et les planteurs qui gèrent des plantations industrielles, en particulier d'hévéas et de palmiers à huile, en régions tropicales, et de résineux, en pays tempérés.

On s'aperçoit aujourd'hui qu'il ne suffit pas d'avoir une image satellitaire pour être à même de l'interpréter correctement. La compréhension fine du signal passe par des travaux de modélisation comme ceux qui sont présentés ici. A terme, ces travaux permettront d'utiliser les images radar d'une manière beaucoup plus efficace, notamment pour obtenir des informations quantitatives. C'est un enjeu considérable pour la télédétection en zone tropicale, où les conditions météorologiques rendent difficile l'acquisition d'images optiques.

Architecture et fonctionnement des plantes

Une modélisation couplée

La modélisation du fonctionnement des plantes est un enjeu essentiel. Elle peut en effet, grâce à des expériences virtuelles, remplacer des expérimentations longues et coûteuses, en particulier quand il s'agit de plantes pérennes.

Les modèles réellement utilisés sont limités à quelques plantes annuelles comme le maïs, le blé, le cotonnier et la tomate. Ils sont souvent mis en défaut dans des conditions de culture différentes de celles pour lesquelles ils ont été conçus. Cette faiblesse est due en grande partie au fait qu'ils reposent sur une repré-

sentation trop simplifiée de la végétation. Il est donc nécessaire de développer une démarche de modélisation qui intègre la dimension architecturale, topologique et géométrique des plantes.

La réalisation d'un tel couplage entre la modélisation de l'architecture des plantes et celle des processus fonctionnels représente l'un des objectifs prioritaires pour les années à venir. Le Cirad dispose dans ce domaine d'atouts indéniables, puisqu'il réunit les compétences de botanistes, d'agronomes, de mathématiciens, d'informaticiens et d'écophysiologistes qui ont acquis une longue expérience dans la description, l'analyse et la simulation de l'architecture des plantes.

Deux types de modèle couplant l'architecture et le fonctionnement des plantes peuvent être distingués. Le premier correspond à des modèles fins en termes de pas de temps comme de description topologique et géométrique des plantes. Du point de vue méthodologique, il s'agit principalement d'assembler des processus multiples, comme la photosynthèse et la transpiration, répartis dans toute la structure de la plante, qui interviennent à des instants différents et sont sensibles aux variations de l'environnement. La simulation informatique joue ici un rôle central. Un premier modèle de ce type a été développé pour le caféier afin de simuler la transpiration et les flux de sève à une échelle de temps subinstantanée. Un travail analogue, qui inclut en outre le calcul du bilan carboné, est en cours sur le cocotier et le palmier à huile dans le cadre d'une action thématique programmée avec le département des cultures pérennes. Le second type concerne des modèles plus globaux, qui opèrent à des échelles de temps plus longues — une année, par exemple — et qui intègrent les connaissances à un niveau plus élevé. La simulation informatique continue de jouer un rôle important, mais la formulation mathématique analytique est possible dans des cas simples. Elle permet d'aboutir à des résultats généraux sur le développement des plantes ou d'envisager des méthodes pour changer de niveau d'organisation — de l'arbre au peuplement — en simplifiant rationnellement la structure des plantes. Cette formulation permet aussi de proposer des expérimentations en vue soit de tester le modèle, soit d'en

Amapmod, un logiciel spécialisé dans l'analyse de l'architecture des plantes

Un nombre croissant d'études agronomiques s'intéressent à l'organisation des différentes entités à l'intérieur de la couronne de la plante : branches, unités de croissance, fleurs... En foresterie par exemple, l'analyse détaillée de la structure et du fonctionnement des houppiers peut conduire à une meilleure maîtrise de la qualité des fûts — densité de nœuds, rectitude.

Pour répondre à ces besoins, le Cirad a conçu un logiciel spécialisé, Amapmod, qui fournit aux chercheurs les outils informatiques et mathématiques spécifiques à l'analyse de l'architecture des plantes. Amapmod permet de constituer des bases de données de plantes et de les explorer au moyen d'algorithmes de visualisation graphique et de modèles statistiques appropriés.

Amapmod est actuellement utilisé par plusieurs programmes de recherche du Cirad — il sert notamment de support à une étude sur l'amélioration des plantes pérennes —, par des équipes de l'Inra et par des centres de recherche à l'étranger, en Allemagne, en Argentine et en Nouvelle-Zélande, entre autres. Avec ce logiciel, le Cirad propose un premier standard pour la mesure et l'analyse de l'architecture des plantes.

estimer les paramètres. Un modèle de ce type a été développé et mis en œuvre sur le cotonnier en collaboration avec le département des cultures annuelles.

Dans les deux cas, les modèles développés à ce jour demeurent des prototypes. L'objectif pour les années à venir est de mettre au point une plate-forme de modélisation plus générale, capable d'intégrer de nouvelles connaissances à la fois sur les processus morphogénétiques et sur les processus fonctionnels. Ce travail doit s'accomplir en collaboration étroite avec les départements par filière du Cirad et avec les organismes de recherche nationaux et internationaux. En France, plusieurs projets de recherche communs aux équipes du Cirad et de l'Inra ont été définis ces dernières années. En 1997, des collaborations se sont mises en place : avec le laboratoire d'étude de la phy-



siologie des stress environnementaux de l'Inra et de l'Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier sur les aspects écophysiologiques ; avec l'équipe Imagis de l'Institut national de recherche en informatique et en automatique sur la modélisation de l'interception de la lumière comme base de la modélisation des processus fonctionnels. Sur le plan international, des conventions ont déjà été signées avec l'Usda, ministère de l'agriculture des Etats-Unis, pour les plantes annuelles, et l'université de Göttingen, en Allemagne, pour les plantes pérennes.

L'année 1997 correspond au passage d'une étape exploratoire dans le domaine de la modélisation architecturale et fonctionnelle à une étape de modélisation plus générale et intégrée, qui ouvre la voie à de nombreuses applications en agronomie tropicale.

Politique et économie agricoles

Les changements institutionnels et le développement

En 1992, le Cirad organisait un séminaire international sur l'économie institutionnelle afin de faire le point sur l'ensemble des théories existantes et d'aborder de manière éclectique les questions relatives aux réformes économiques liées aux politiques d'ajustement structurel et de libéralisation. Les débats d'alors ont inspiré de nombreux chercheurs et stimulé la réflexion dans plusieurs directions : les institutions nécessaires au fonctionnement efficace du marché, la transition de l'économie de subsistance à l'économie de marché, l'efficacité des choix publics et la décentralisation. Sur ces trois thèmes, les travaux menés au sein du Cirad ont abouti à des propositions suffisamment cohérentes pour que le ministère à la coopération demande au Centre de l'aider à préparer les positions françaises concernant la privatisation de certaines filières en Afrique.

En France et dans les pays francophones, les marchés ont été longtemps analysés comme des enchaînements d'échanges pour un même produit tout au long de sa transformation, depuis la matière première jusqu'à la consommation. Ces travaux mettaient en lumière les imperfections du marché : asymétrie d'information, recherche de rente, risques de tromperie, pouvoir des marchés au détriment des agriculteurs. Pour pallier ces défauts, il apparaissait nécessaire d'établir des règles et des modes d'organisation destinés à rendre les transactions transparentes, à réduire les risques lors des échanges et à faciliter les anticipations. Ainsi les économistes ont-ils cherché à promouvoir une économie fondée sur des conventions et des contrats afin de concilier concurrence et efficience.

Les théories économiques institutionnalistes et leurs développements récents en France — théorie des conventions, théorie de la régulation — permettent aussi de mieux comprendre la transition de l'économie de subsistance à l'économie de marché. A partir de ces théories, on peut proposer des mesures de politique économique qui garantissent l'efficacité du marché. On peut aussi élaborer des stratégies pour déconstruire les institutions étatiques de régulation des marchés et les remplacer par des instances qui facilitent la fluidité des échanges et réduisent les coûts de transaction. Des expériences fondées sur cette approche ont été conduites avec succès au Costa Rica dans le cadre du projet Cadiac, de 1993 à 1996.

La décentralisation des choix relevant du domaine public est certainement l'une des principales réformes institutionnelles susceptibles d'améliorer le fonctionnement de l'économie. Pour que cette décentralisation soit effective, il faut que les usagers puissent clairement exprimer leurs préférences, dans le cadre de procédures démocratiques. Il est en effet plus efficace, du point de vue économique, de faire participer les usagers aux décisions concernant les infrastructures locales que de leur imposer des choix arrêtés par des administrations centrales. Ainsi, au Niger, les choix d'investissement réalisés dans le cadre de projets de développement agricole fondés sur les capacités locales d'initiative et de décision favorisent la croissance de manière déterminante.

Petites économies insulaires

L'impact des transferts financiers sur les activités agricoles

Le thème des petites économies insulaires revêt un intérêt considérable non seulement sur le plan géopolitique — délimitation de zones territoriales, ressources marines —, mais aussi en termes de stratégie de développement économique. Leur compétitivité est en effet pénalisée structurellement par la petite taille de leur marché intérieur et par des coûts élevés d'accès aux marchés internationaux. Leur dépendance à l'égard des transferts financiers — aide de la métropole ou des organismes internationaux, transfert du salaire des migrants — modifie en profondeur les économies insulaires. Elles possèdent de ce fait une problématique commune, nuancée par quelques caractéristiques spécifiques à chaque contexte.

Dans ce domaine, le Cirad s'attache principalement à évaluer l'impact des transferts financiers sur les activités agricoles. Ses analyses portent sur l'utilisation de l'aide publique et des fonds privés. Elles tentent également de déterminer dans quelles conditions les transferts peuvent bénéficier à l'ensemble de la population agricole et non plus seulement à quelques privilégiés. Ces recherches sont menées au Vanuatu et en Polynésie, en collaboration avec le programme cocotier, à la Réunion, dans le cadre d'une analyse prospective, et à la Guadeloupe, en appui à la chambre d'agriculture pour l'élaboration du plan départemental d'orientation agricole de l'île. Elles devraient contribuer à réorienter les politiques d'appui au secteur agricole.

Les premiers résultats montrent que la forte dépendance des économies insulaires à l'égard de l'aide financière extérieure favorise un comportement d'assisté. Cette situation freine les initiatives locales. Les îles souffrent également d'une faible diversification de leur économie, qui repose sur un nombre très

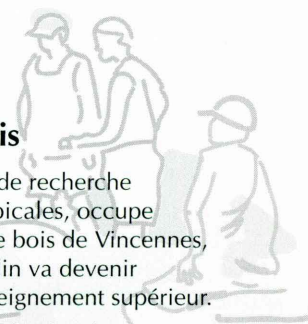
Le campus du Jardin tropical de Paris

Le Cirad, et avant lui les instituts de recherche en agriculture et en foresterie tropicales, occupe un ensemble de bâtiments dans le bois de Vincennes, le Jardin tropical de Paris. Ce Jardin va devenir un campus de recherche et d'enseignement supérieur.

Il sera consacré à la recherche en économie et en sciences sociales dans le domaine de l'environnement et du développement à l'échelle mondiale. Il regroupera plusieurs laboratoires de recherche et des chaires d'enseignement, qui ont déjà des liens scientifiques : le Cired, Centre international de recherche sur l'environnement et le développement ; l'Iedes, Institut d'études du développement économique et social ; une équipe de modélisation économique de l'Inra ; l'association Solagral, spécialisée dans les problèmes de sécurité alimentaire ; le programme économie, politiques et marchés, ainsi que des spécialistes de la gestion des ressources et de l'environnement du Cirad ; l'équipe Aire-développement. D'autres organismes et équipes de recherche ou d'enseignement devraient rejoindre le site prochainement.

Outre ces activités de recherche et d'enseignement, le campus accueillera un club de prospective sur les questions alimentaires et environnementales et des manifestations culturelles.

limité de ressources. De plus, les transferts financiers contribuent à élever artificiellement le niveau des salaires, ce qui pénalise durablement le secteur de la production en général, et les activités agricoles en particulier. En Polynésie, par exemple, la production de coprah ne constitue pas une activité intéressante du point de vue économique face aux possibilités d'emploi salarié offertes dans d'autres secteurs, et ce bien que le coprah bénéficie d'un prix d'achat au producteur très fortement subventionné. La politique de soutien au prix du coprah, qui est produit par une multitude de petits planteurs, n'en demeure pas moins importante sur le plan social car elle permet de redistribuer les transferts de fonds publics de manière beaucoup plus équitable que dans le cas d'autres produits agricoles tels que la banane, dont la production est le fait de quelques gros planteurs.



Le second volet de ces recherches débute. Il concerne les déterminants microéconomiques des migrations, à la Guadeloupe. Il s'agit d'identifier ce qui pousse les familles à envoyer un ou plusieurs de leurs membres à l'extérieur de l'île et dans quelle mesure les transferts financiers effectués par les membres émigrés contribuent à alimenter le budget familial, notamment pour financer les activités agricoles.

Gestion locale des ressources

La chasse villageoise dans l'est du Cameroun

La chasse est pratiquée dans tous les villages de la forêt camerounaise. Comment est-elle « gérée » par les villageois ? C'est une question importante pour les autorités chargées de la conservation du patrimoine cynégétique camerounais. Des enquêtes ont donc été menées afin de caractériser les modes de gestion coutumière de la faune.

Ces enquêtes mettent en évidence que de nombreuses règles régissent la chasse. Ces règles définissent qui peut ou non chasser, où et à quel moment de l'année, quels instruments de chasse sont autorisés ou prohibés. Ainsi, seuls les villageois ou leurs parents et amis peuvent chasser sur le territoire du village. Il n'existe pas d'accès libre aux lieux de chasse, qui sont possédés par les familles. Le même lieu ne peut être utilisé deux années de suite, ce qui entraîne une mobilité spatiale de la pression cynégétique. La chasse se pratique essentiellement avec des pièges, et seulement six mois par an, l'autre semestre étant dévolu à la pêche. Les animaux capturés circulent dans le village et sont consommés collectivement. Le produit de la vente du gibier est employé pour assumer des obligations sociales.

La chasse a également fait l'objet d'un suivi sur un cycle annuel à l'échelle d'un territoire villageois. Cette étude, réalisée dans le cadre d'une thèse en

économie, a servi de base pour créer un écosystème virtuel, qui permet de simuler la viabilité de ces modes de gestion villageoise. Le monde virtuel est composé d'un système d'information géographique contrôlé par un modèle d'intelligence artificielle. Ainsi, on simule dans l'espace la dynamique des populations



Une gestion négociée des ressources dans l'océan Indien

Depuis 1996, un consortium qui réunit les principaux centres de recherche français travaillant dans les pays tropicaux — l'Ifremer, l'Orstom et le Cirad — et un bureau d'étude allemand, le Gopa, intervient à la demande du programme régional sur l'environnement de la Commission de l'océan Indien, grâce à un financement de l'Union européenne.

La première phase de ce programme, qui concerne Madagascar, Maurice, les Seychelles, les Comores et la Réunion, porte sur une expertise du littoral des cinq pays : état, usages et gestion des ressources. La deuxième phase a pour objectif de mettre en place des opérations pilotes afin de promouvoir une gestion intégrée des espaces côtiers, à l'échelle locale et régionale. En parallèle, la troisième phase établit les conditions juridiques et institutionnelles d'une gestion intégrée planifiée à l'échelle de la Commission.

Le consortium apporte son concours pour identifier des objectifs et mettre en œuvre une gestion négociée entre les différents acteurs. Il analyse les politiques de gestion de l'environnement et propose des outils pour accompagner ce processus — systèmes d'information, observatoires, aide à la négociation, analyse institutionnelle. Sa démarche s'appuie largement sur des partenariats avec les centres de recherche, les universités et les écoles d'agronomie de la région. En 1997, le Cirad a été plus particulièrement associé aux opérations pilotes définies aux Seychelles, à l'échelle d'une baie, et à Madagascar, dans la région du Menabe, ainsi qu'à la mise en place d'une politique régionale.

d'une antilope, le céphalophe bleu, à partir des données recueillies sur le terrain et de la documentation relative à l'éthologie de l'espèce. Puis on associe à ce modèle les différentes règles de gestion de la faune, dont les effets sur la dynamique des populations d'antilope sont observés directement sur une carte qui s'anime.

Ce travail a permis d'intégrer intelligence artificielle et système d'information géographique. Il a été conduit en collaboration avec les universités de Dschang et de Yaoundé. Les outils qui en sont issus seront utiles aux gestionnaires de la nature comme aux chercheurs en écologie ou en sciences sociales. Les partenariats interdisciplinaires établis avec les universités camerounaises garantissent l'appropriation locale des résultats et des méthodes.

A Madagascar et au Tchad

L'aide d'urgence contre les pullulations de criquets

Madagascar est actuellement en proie à une invasion de criquets migrants malgaches, *Locusta migratoria capito*. Deux millions d'hectares au moins sont touchés et le fléau progresse encore. Cette situation, résultat de l'abandon de la lutte préventive et de l'absence de moyens efficaces de lutte curative, risque de persister plusieurs années malgré les efforts déployés. La mobilisation tardive des moyens de lutte — en milieu d'année alors que la situation était déjà préoccupante en 1996 — rend en effet les mesures moins efficaces. Leurs résultats ne se feront vraisemblablement sentir que d'ici un an.

Le Cirad a largement pris part à la coordination de l'aide d'urgence mise en place par la Fao et à l'exécution du programme de lutte arrêté par le gouvernement malgache. Il a apporté son concours pour organiser la campagne de traitements aériens et terrestres dans le sud et le sud-ouest du pays. Il a aussi

réalisé des prospections de terrain afin d'évaluer l'ampleur des dommages et l'évolution prévisible des infestations. La lutte va se poursuivre tout au long de l'année 1998.

Un projet de recherche-développement a été élaboré afin de mettre en place, une fois l'invasion actuelle enrayée, un dispositif de surveillance et de lutte préventive. D'ores et déjà, un ouvrage intitulé *Éléments d'archives acridiennes à Madagascar* a été publié avec le soutien du ministère français de la coopération. L'examen des archives du service antiacridien malgache — la dernière invasion qu'a connue l'île a duré dix-huit ans — aboutit à des enseignements destinés à améliorer la surveillance du criquet migrant dans la Grande Ile.

Le Tchad et le nord du Cameroun sont également confrontés, depuis le mois d'août 1997, à des pullulations exceptionnelles de la sous-espèce africaine du criquet migrant, *Locusta migratoria migratorioides*. Les acridologues du Cirad sont intervenus dans la région pour faire face à cette invasion, sous l'égide de la Fao et avec l'appui du ministère de la coopération. Leur intervention a été l'occasion de collecter et d'analyser les informations afin de déterminer les causes de ces infestations qui surviennent de manière récurrente tous les cinq à dix ans. Des mesures ont été proposées pour organiser la surveillance rationnelle du criquet migrant dans cette zone.

Le Cirad en bref

L'organisation générale

Les départements

Les conseils

Les délégations scientifiques

Les représentants

Le Cirad dans le monde

Le budget et le personnel

Les chercheurs formés par le Cirad

L'organisation



**Conseil
d'administration**
Président
Guy Paillotin



**Directeur
général**
Bernard Bachelier



**Conseil
scientifique**
Président
Alain Pavé



Secrétaire général
Michel Eddi



Directeur scientifique
Michel Dron

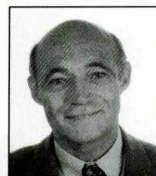


**Directeur
des relations
extérieures**
*Henri Rouillé
d'Orfeuill*



**Président du centre
de Montpellier**
Gérard Matheron

Directeurs de département



Cirad-ca
Hubert Manichon



Cirad-cp
Patrice de Vernou



Cirad-flhor
Jean-Pierre Gaillard



Cirad-emvt
Joseph Domenech



Cirad-forêt
Jacques Valeix



Cirad-tera
Jean Pichot



Cirad-amis
Vincent Dollé

générale du Cirad en 1998

Comptabilité et affaires financières

Marc Gélis, directeur

Ressources humaines

François Fort, directeur

Aménagements et maintenance

Didier Servat, directeur

Audit interne

Antoine Bourgeois

Dom-Tom

François Pointereau, délégué

Délégations
dans les Dom-Tom
(voir page 83)

Information scientifique et technique

Jean-François Giovannetti, délégué

Information et documentation
Lucile Grasset

Edition
Martine Séguier-Guis

Informatique et télécommunications

Joël Sor, délégué

Direction scientifique

Directeur adjoint
Jacques Meunier

Délégations

Agronomie,
gestion de l'environnement
et des ressources naturelles
Eric Malézieux

Connaissance
et amélioration des plantes
Dominique Nicolas

Défense des cultures
en cours de nomination

Productions animales
Philippe Lhoste

Technologie
François Challot

Economie et sociologie
Jacques Weber

Mathématiques appliquées
et biométrie
Xavier Perrier

Observatoire du changement

Marie de Lattre-Gasquet

Service formation

Marc Roesch

Direction des relations extérieures

Afrique et océan Indien
Daniel Annerose

Amérique latine
et Caraïbe
André de Courville

Asie et Pacifique sud
Jean-Luc Renard

Organisations internationales,
Moyen-Orient
Pierre-Luc Puglièse

Représentations à l'étranger
(voir page 83)

Partenariat économique
Christian Brunin

Partenariat
de développement
Alain Guyot

Communication
actions promotionnelles
Anne Hébert
relations avec les médias
Benoît Catrisse

Les départements du Cirad en 1998

Département des cultures annuelles Cirad-ca

Hubert Manichon, directeur

Rolland Guis, directeur adjoint chargé du partenariat et de la coopération

Hervé Saint Macary, directeur adjoint chargé de l'animation scientifique

Léandre Mas, adjoint au directeur, chef du service d'appui à la gestion

Jean-Luc Khalfaoui, chargé de la valorisation

Etienne Hainzelin, chef du programme canne à sucre

Jean-Philippe Deguine, chef du programme coton

Pierre Fabre, chef du programme cultures alimentaires

Francis Forest, chef du programme écosystèmes cultivés

Département des cultures pérennes Cirad-cp

Patrice de Vernou, directeur

Denis Despréaux, directeur adjoint chargé des affaires scientifiques

Michel Aubry, adjoint au directeur, chef du service d'appui à la gestion

Christian Picasso, chargé de la valorisation

Michel Barel, chef du programme cacao

Daniel Duris, chef du programme café

André Rouzière, chef du programme cocotier

Yves Banchi, chef du programme hévéa

Bertrand Tailliez, chef du programme palmier à huile

Département des productions fruitières et horticoles Cirad-flhor

Jean-Pierre Gaillard, directeur

Jacky Ganry, directeur adjoint chargé des affaires scientifiques

Christian Altairac, adjoint au directeur, chef du service d'appui à la gestion

Jean-Paul Meyer, chargé de la valorisation

Thierry Goguet, chef du programme arboriculture fruitière

Hugues Tézenas du Montcel, chef du programme bananiers et plantains

Hubert de Bon, chef du programme productions horticoles (par intérim)

Département d'élevage et de médecine vétérinaire Cirad-emvt

Joseph Domenech, directeur

André Martin, directeur adjoint

Didier Richard, adjoint au directeur, chargé des affaires scientifiques

Jean-Vital Decloquement, adjoint au directeur, chef du service d'appui à la gestion

Gérard Duvallet, chef du service enseignement et formation

Léon Letenneur, chargé de la valorisation

François Monicat, chef du programme écosystèmes naturels et pastoraux

Bernard Faye, chef du programme productions animales

Jean-Jacques Tulasne, chef du programme santé animale

Département des forêts Cirad-forêt

Jacques Valeix, directeur

Eric Loffeier, directeur adjoint chargé des affaires scientifiques

Yves Danglehant, adjoint au directeur, chef du service d'appui à la gestion

Patrick Durand, chargé de la valorisation

Bernard Mallet, chef du programme arbres et plantations

Christian Sales, chef du programme bois

Jean-Guy Bertault, chef du programme forêts naturelles

Département territoires, environnement et acteurs Cirad-tera

Jean Pichot, directeur

Jean-Philippe Tonneau, directeur adjoint chargé des affaires scientifiques

Léandre Mas, adjoint au directeur, chef du service d'appui à la gestion

Bruno Losch, chef du programme agricultures familiales

Alain Angé, chef du programme espaces et ressources

Guy Faure, chef du programme savanes et systèmes irrigués

Alain Leplaideur, chef du programme tropiques humides

Département d'amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique Cirad-amis

Vincent Dollé, directeur

Jacques Schwendiman, adjoint au directeur, chargé des affaires scientifiques

Vincent Fabre-Rousseau, adjoint au directeur, chef du service d'appui à la gestion

Alain Chauchard, chargé de la valorisation

Anne-Lucie Wack, chef du programme agroalimentaire

Florent Maraoux, chef du programme agronomie

Jean-Christophe Glaszmann, chef du programme biotechnologies et ressources génétiques végétales

Michel Griffon, chef du programme économie, politiques et marchés

François Houlier, chef du programme modélisation des plantes

Xavier Mourichon, chef du programme protection des cultures

Les conseils du Cirad en 1998

Le conseil d'administration

Président

Guy Paillotin

Représentants de l'Etat

Albert Prévos, représentant du ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche

Gérard Lacognata, représentant du ministre délégué chargé de la coopération et de la francophonie

Emmanuel Belluteau, représentant du ministre chargé du budget

Claude Bernet, représentant du ministre de l'agriculture et de la pêche

Marie-Laure Micoud, représentant du ministre chargé des départements et territoires d'outre-mer

Président de l'Institut national de la recherche agronomique

Guy Paillotin

Personnalités extérieures au Cirad choisies en raison de leurs compétences

Jacques Alliot, directeur général adjoint de la Cfd, en retraite

Michel Fichet, président de la Cfdt

Alain Godard, président du secteur santé animale et végétale de Rhône-Poulenc Agrochimie

Henry Jouve, président de l'Afdi

Philippe Lazar, président de l'Orstom

Christiane Mercier, directeur scientifique du groupe Danone

Représentants du personnel

Alain Bertrand, **Henri Calba**, **Eric Jallas**, **Jacques Monnier**, **Philippe Petithuguenin**, **Ange-Marie Risterucci**

Le conseil scientifique

Président

Alain Pavé, université Lyon I

Membres externes

Emmanuel Jolivet, Inra, France

Frits Penning de Vries, Isbarm, Thaïlande

John Perfect, Nri, Royaume-Uni

Denis Requier-Desjardins, université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, France

Daniel Richard-Molard, Inra, France

Eugène Terry, Banque mondiale, Etats-Unis

Alhassane Yenikoye, université de Niamey, Niger

Membres internes

Michel Benoit-Cattin, **Emile Cros**, **Jacques Deuse**, **Jacques Dubernard**, **Jean-Christophe Glaszmann**, **Anne-Lucie Wack**

Les délégations scientifiques en 1998

Agronomie,
gestion de l'environnement
et des ressources naturelles

Délégué scientifique

Eric Malézieux

Chargé de mission

Guy Trébuil

Comité scientifique

Président

Jean-Claude Rémy, Ensa Montpellier

Membres externes

Alain Capillon, Ina-pg

Bruno Delvaux, université catholique
de Louvain-la-Neuve

Jean-Marc Meynard, Inra, Ina-pg

Bernard Saugier, université Paris XI

Bernard Seguin, Inra

Franck Warembourg, Cnrs

Membres internes

Représentants des départements

Connaissance et amélioration
des plantes

Délégué scientifique

Dominique Nicolas

Chargée de mission

Hélène Joly

Comité scientifique

Président

Yves Hervé, Ensa Rennes

Membres externes

André Charrier, Orstom, Ensa Montpellier

Yves Chupeau, Inra

Michel Delseny, Cnrs, université de Perpignan

Serge Hamon, Orstom

Antoine Kremer, Inra

Pierre-Louis Lefort, Geves

Membres internes

Représentants des départements

Défense des cultures

Délégué scientifique

en cours de nomination

Comité scientifique

en cours de nomination

Membres internes

Représentants des départements

Productions animales

Délégué scientifique

Philippe Lhoste

Comité scientifique

Président

Bernard Hubert, Inra

Membres externes

Alain Bourbouze, Iam

Jean Chantal, Env Toulouse

Antoine Cornet, Orstom

Jean-Baptiste Coulon, Inra

Edmond Tchakérian, Institut de l'élevage

Jacques Thimonier, Ensa Montpellier

Membres internes

Représentants des départements

Technologie

Délégué scientifique

François Challot

Comité scientifique

Président

Antoine Gaset, Ensc Toulouse

Membres externes

Jean-Claude Brosse, université du Maine

Yves Darricau, Onudi

Jean-Yves Dréan, Ensit

Pierre Germain, Ensaia

Christiane Mercier, groupe Danone

René Urien, Cemagref

Jean-Anne Ville, Orstom

Membres internes

Représentants des départements

Economie et sociologie

Délégué scientifique

Jacques Weber

Comité scientifique

en cours de nomination

Membres internes

Représentants des départements

Mathématiques appliquées et biométrie

Délégué scientifique

Xavier Perrier

Comité scientifique

Président

Yves Escoufier, université Montpellier II

Membres externes

Bruno Goffinet, Inra

Richard Tomassone, Ina-pg

Membres internes

Représentants des départements

Les représentants du Cirad

Dans les départements et territoires d'outre-mer

Guadeloupe, **Emmanuel Camus**, *délégué*

Guyane, **Michel Trébel**, *délégué*

Martinique, **Philippe Melin**, *délégué*

Mayotte, **Gilbert Vallée**, *correspondant*

Nouvelle-Calédonie, **Daniel Bourzat**, *directeur*

Polynésie française, **Vincent Baron**,
correspondant

Réunion, **Paul Gener**, *délégué*

A l'étranger

Bénin, **Pierre Silvie**

Brésil, **François Bertin**

Burkina, **Jacques Dubernard**

Cameroun, **Jean-François Poulain**

Caraïbe (pays insulaires), **Emmanuel Camus**
(en résidence à la Guadeloupe)

Colombie, **Alain Pinon**

Comores, **Paul Gener**
(en résidence à la Réunion)

Congo, **Jean-Marc Bouvet**

Côte d'Ivoire, **Jacques Teissier**

Etats-Unis, **Jill Barr**

Gabon, **Franck Enjalric**

Guinée, **Jean Servant**

Indonésie, **Gabriel de Taffin**

Madagascar, **Jean-Louis Reboul**

Mali, **Jacques Dubernard**
(en résidence au Burkina),

Yves Nouvellet, *adjoint*

Maurice, **Paul Gener**
(en résidence à la Réunion)

Niger, **Jacques Dubernard**
(en résidence au Burkina)

République d'Afrique du Sud, **Jean-Paul Loyer**

Sénégal, **Jean-Louis Messenger**

Seychelles, **Paul Gener**
(en résidence à la Réunion)

Tchad, **Didier Bouchel**

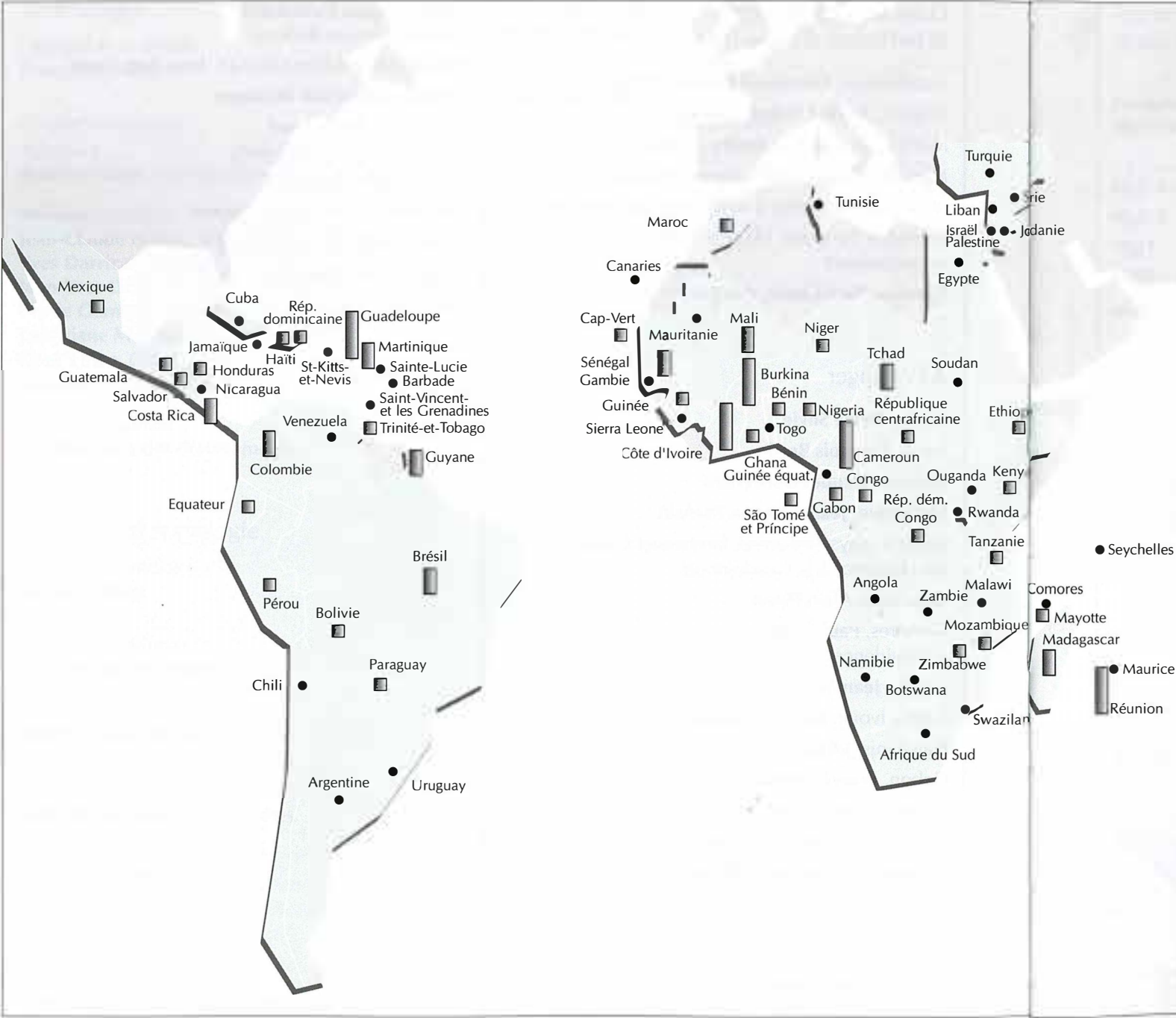
Thaïlande, **Jean-Claude Vincent**

Vanuatu, **Bernard Dolacinski**

Vietnam, **Jean Bourdeaut**

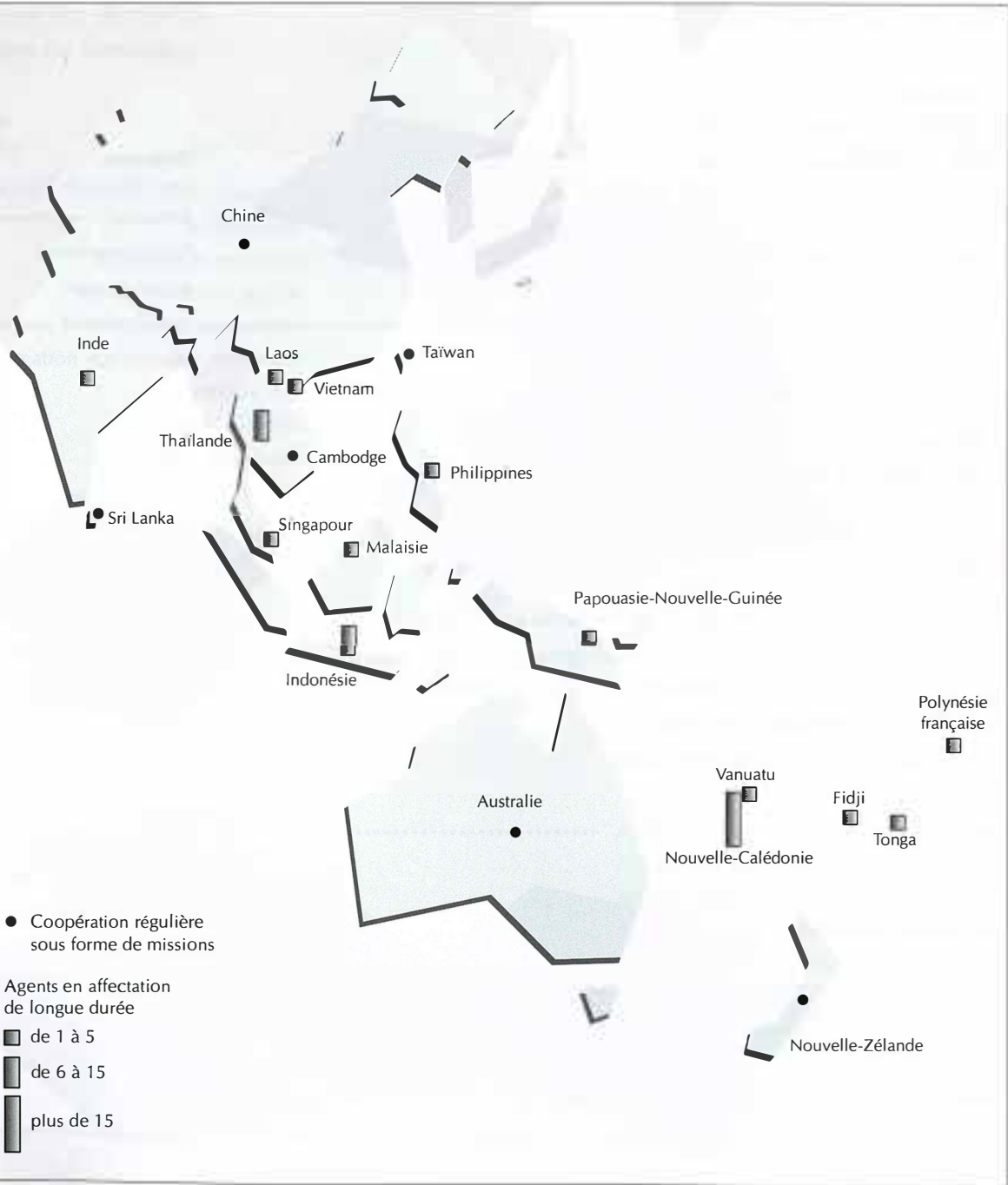
Zimbabwe, **Dominique Dulieu**

Le Cirad dans le monde



● Coopération régulière sous forme de missions

Agents en affectation de longue durée
■ de 1 à 5
■ de 6 à 15
■ plus de 15



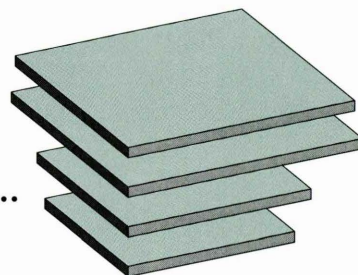
Ressources et dépenses

67 % Subvention du Bcrd*
33 % ... Ressources contractuelles

(en millions de francs)

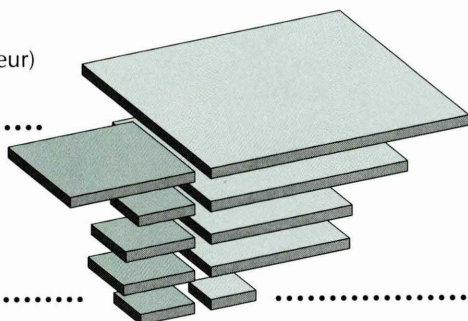
... Personnel	679,30
Fonctionnement	278,20
Autres charges	51,20
.... Investissement	20,00
	1 028,70

534 Cadres en métropole
585	Collaborateurs et agents de maîtrise en métropole	
366	Cadres dans les Dom-Tom et à l'étranger	
317 Collaborateurs et agents de maîtrise
	dans les Dom-Tom et à l'étranger	
1 802		



(en année-chercheur)

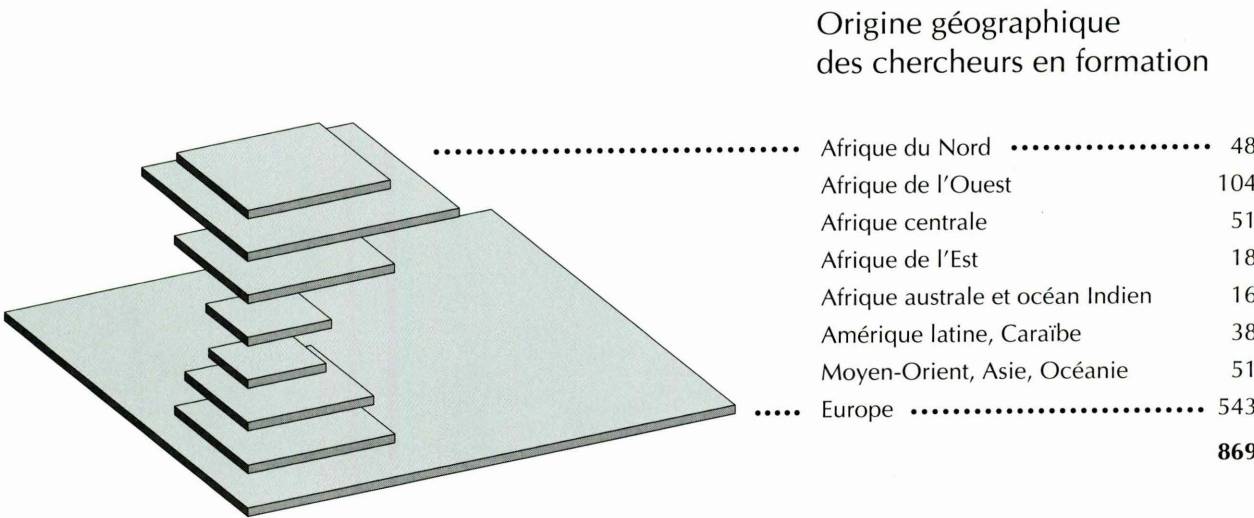
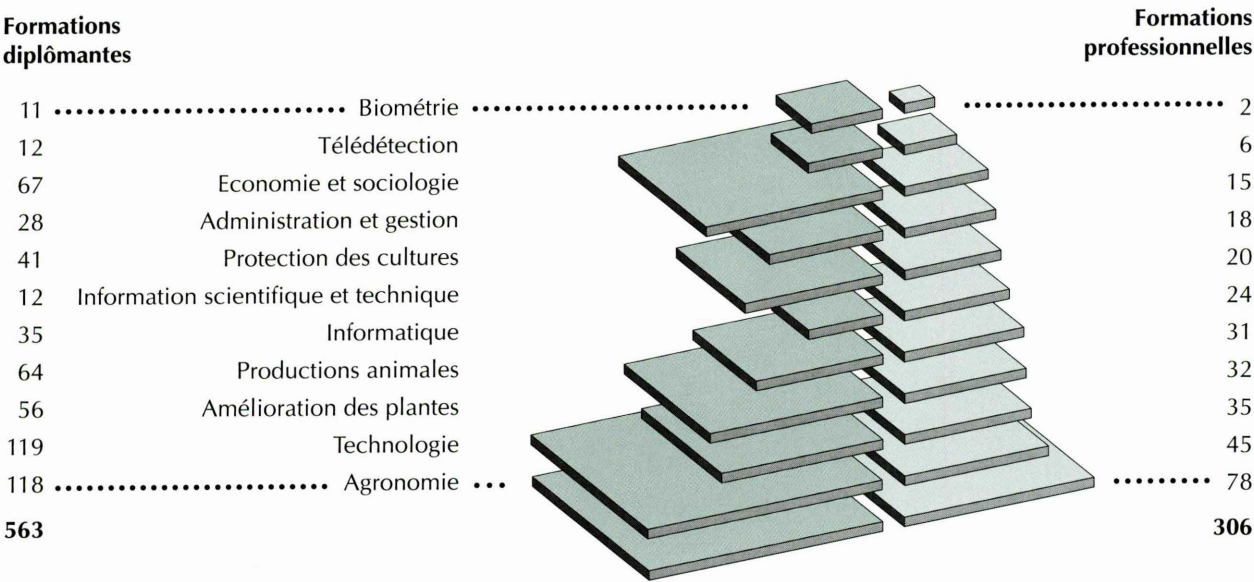
41,9
8,6
12,9
13,6
7,9
84,9



..... Afrique et océan Indien	166
Dom-Tom	97
Amérique latine	50
Asie, Océanie	48
..... Autres zones	5
	366

Les chercheurs formés par le Cirad en 1997

Répartition par discipline
et par type de formation



Annexes

Les adresses du Cirad

Liste des sigles

Les adresses du Cirad

Siège social

42, rue Scheffer
75116 Paris
France
Téléphone : 01 53 70 20 00
Télécopie : 01 47 55 15 30

Centre de recherche de Montpellier

BP 5035
34032 Montpellier Cedex 1
France
Téléphone : 04 67 61 58 00
Télécopie : 04 67 61 59 86

Campus du Jardin tropical

45 bis, avenue de la Belle Gabrielle
94736 Nogent-sur-Marne
France
Téléphone : 01 43 94 73 28
Télécopie : 01 43 94 73 11

Le Cirad dans les Dom-Tom

Guadeloupe

M. le délégué
BP 2386
97002 Jarry Cedex
Téléphone : 05 90 25 24 90
Télécopie : 05 90 25 24 92

Guyane

M. le délégué
BP 701
97387 Kourou Cedex
Téléphone : 05 94 32 73 50
Télécopie : 05 94 32 73 51

Martinique

M. le délégué
BP 153
97202 Fort-de-France Cedex
Téléphone : 05 96 71 92 01
Télécopie : 05 96 63 07 24

Mayotte

M. le correspondant
BP 1304
97600 Mamoudzou
Téléphone : 02 69 61 21 21
Télécopie : 02 69 61 21 19

Nouvelle-Calédonie

M. le directeur
BP 73
Païta
Téléphone : (687) 35 36 84
Télécopie : (687) 35 32 55

Polynésie française

M. le correspondant
BP 467
Papeete
Tahiti
Téléphone : (689) 42 47 03
Télécopie : (689) 42 46 93

Réunion

M. le délégué
Station de La Bretagne
BP 20
97408 Saint-Denis Messagerie
Cedex 9
Téléphone : 02 62 52 80 00
Télécopie : 02 62 52 80 01

Le Cirad à l'étranger

Bénin

c/o Drcf
01 BP 715
Recette principale de Cotonou
Cotonou
Téléphone : (229) 31 26 46
Télécopie : (229) 31 26 46

Brésil

SHIS – QI 11
Conjunto 6, casa 7
71 625-260 Brasilia DF
Téléphone : (55) 61 248 41 26
Télécopie : (55) 61 248 23 81

Burkina

01 BP 596
Ouagadougou 01
Téléphone : (226) 30 70 70
Télécopie : (226) 30 76 17

Cameroun

BP 2572
Yaoundé
Téléphone : (237) 21 25 41
Télécopie : (237) 20 29 69

Colombie

Apartado aéreo 34565
Cali Valle
Téléphone : (57) 2 889 04 56
Télécopie : (57) 2 889 08 08

Congo

BP 1264
Pointe-Noire
Téléphone : (242) 94 31 84
Télécopie : (242) 94 47 95

Côte d'Ivoire

01 BP 6483
Abidjan 01
Téléphone : (225) 22 18 69
ou 21 16 25
Télécopie : (225) 21 43 68

Etats-Unis

Development Research Associates
2025 I Street, NW
Suite 524
Washington DC 20006
Téléphone : (1) 202 872 05 76
Télécopie : (1) 202 872 84 91

Gabon

c/o Cath
BP 643
Libreville
Téléphone : (241) 75 83 72
Télécopie : (241) 73 65 76

Guinée

c/o Mcac
Ambassade de France
BP 570
Conakry
Téléphone : (224) 46 10 59
Télécopie : (224) 46 10 59

Indonésie

Plaza Bisnis Kemang Lt. 3
Jalan Kemang Raya No. 2
Jakarta Selatan 12730
Téléphone : (62) 21 719 90 67
Télécopie : (62) 21 721 04 01

Madagascar

BP 853
Antananarivo
Téléphone : (261) 20 22 271 82
Télécopie : (261) 20 22 209 99

Mali

BP 1813
Bamako
Téléphone : (223) 77 01 50
Télécopie : (223) 22 87 17

République d'Afrique du Sud

Agribis c.c.
Po Box 70793
Bryanston 2021
Téléphone : (27) 11 706 77 83
ou (27) 82 950 25 35
Télécopie : (27) 11 706 76 54

Sénégal

37, avenue Jean XXIII
BP 6189
Dakar-Etoile
Téléphone : (221) 822 44 84
Télécopie : (221) 821 18 79

Tchad

Laboratoire de Farcha
BP 433
N'Djamena
Téléphone : (235) 52 30 07
Télécopie : (235) 52 83 02

Thaïlande

c/o Kasetsart University
Jubilee Bldg 9th floor
Phahon Yothin Road
Bangkhen, Bangkok 10900
Téléphone : (66) 2 942 86 84
Télécopie : (66) 2 942 86 83

Vanuatu

BP 231
Santo
Téléphone : (678) 36 320
Télécopie : (678) 36 355

Vietnam

222 F 8 Doi Can
Hanoi
Téléphone : (84) 4 825 93 99
ou 9 080 25 94
Télécopie : (84) 4 832 50 74

Zimbabwe

Projet faune
Po Box 1378
Harare
Téléphone : (263) 4 702 766
Télécopie : (263) 4 722 850

Liste des sigles

Aard, Agricultural Agency for Research and Development, Indonésie

Adb, Asian Development Bank, Philippines

Acia, Association des chimistes ingénieurs des industries agricoles et alimentaires, France

Ademe, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, France

Afecg, Association française pour l'étude des corps gras, France

Anacafé, Asociación Nacional del Café, Guatemala

Anvar, Agence nationale de valorisation de la recherche, France

Askindo, Indonesian Cocoa Association, Indonésie

Atibt, Association technique internationale des bois tropicaux, France

Asareca, Association for Strengthening Agricultural Research in Eastern and Central Africa, Ouganda

Aupelf-Uref, Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche, France

Avrdc, Asian Vegetable Research and Development Center, Taïwan

Bcg, Boston Consulting Group, Etats-Unis

Bdpa, Bureau pour le développement de la production agricole, France

Bnetd, Bureau national d'études techniques et de développement, Côte d'Ivoire

Cefipra, Centre franco-indien pour la promotion de la recherche avancée, Inde

Cemagref, Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts, France

Cerf, Centre d'essais, de recherche et de formation, Réunion

Cesbio, Centre d'études spatiales de la biosphère, France

Cfd, Caisse française de développement, France

Ciat, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombie

Cifor, Center for International Forestry Research, Indonésie

Cirdes, Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide, Burkina

Cired, Centre international de recherche sur l'environnement et le développement, France

Cmdt, Compagnie malienne pour le développement des textiles, Mali

Cneva, Centre national d'études vétérinaires et alimentaires, France

Cnrs, Centre national de la recherche scientifique, France

Coraf, Conférence des responsables de recherche agronomique en Afrique de l'Ouest et du Centre, Sénégal

Cpatsa, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Arido, Brésil

Crf, Coffee Research Foundation, Kenya

Csir, Council for Scientific and Industrial Research, Ghana

Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brésil

Emdagro, Empresa de Desenvolvimento Agropecuário, Brésil

Engref, Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts, France

Ensaia, Ecole nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires, France

Ensam, Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier, France

Ensia, Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires, France

Esa, European Space Agency, France

Fao, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italie

Fifamanor, Fiompiana Fambolena Malagasy Norveziana, Madagascar

- Fsa-Unb, Faculté des sciences agronomiques de l'Université nationale du Bénin, Bénin
- Gcrai, Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale, Etats-Unis
- Gef, Global Environment Facility, Etats-Unis
- Gfgp, Groupe français de génie des procédés, France
- Gret, Groupe de recherche et d'échanges technologiques, France
- Icra, Institut centrafricain de recherche agronomique, République centrafricaine
- Icrisat, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Inde
- Ida, International Development Association, France
- Idefor, Institut des forêts, Côte d'Ivoire
- Iedes, Institut d'études du développement économique et social, France
- Ier, Institut d'économie rurale, Mali
- Ifremer, Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, France
- Ihcafé, Instituto Hondureño del Café, Honduras
- Ilica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica
- Iita, International Institute of Tropical Agriculture, Nigeria
- Ina-pg, Institut national agronomique Paris-Grignon, France
- Incv, Institut national des cultures vivrières, Togo
- Inera, Institut de l'environnement et des recherches agricoles, Burkina
- Inibap, International Network for the Improvement of Banana and Plantain, France
- Inra, Institut national de la recherche agronomique, France
- Inrab, Institut national de recherche agronomique du Bénin, Bénin
- Inria, Institut national de recherche en informatique et en automatique, France
- Insa, Institut national des sciences appliquées, France
- Iopri, Indonesian Oil Palm Research Institute, Indonésie
- Irada, Institut de recherche agricole pour le développement, Cameroun
- Irri, International Rice Research Institute, Philippines
- Isra, Institut sénégalais de recherches agricoles, Sénégal
- Itp, Institut technique du porc, France
- Itrad, Institut tchadien de recherche agronomique pour le développement, Tchad
- Latu, Laboratorio Tecnológico de Uruguay, Uruguay
- Nrcc, National Research Center on Camels, Inde
- Nrcr, National Root Crops Research Institute, Nigeria
- Oie, Office international des épizooties, France
- Omc, Organisation mondiale du commerce, Suisse
- Onc, Office national de la chasse, France
- Onf, Office national des forêts, France
- Orstom, Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération, France
- Parc, Palestinian Agricultural Relief Committees, Palestine
- Procafé, Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café, Salvador
- Rrit, Rubber Research Institute of Thailand, Thaïlande
- Saccar, Southern African Centre for Co-operation in Agricultural Research, Botswana
- Sebrae, Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequenas Empresas, Brésil
- Solagral, Solidarités agricoles et alimentaires, France
- Uicn, Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources, Suisse
- Ur2pi, Unité de recherche pour la productivité des plantations industrielles, Congo
- Usaid, United States Agency for International Development, Etats-Unis
- Usda, United States Department of Agriculture, Etats-Unis

Illustration de couverture

D. Bordat, C. Lanaud, T. de Reboul

Crédit photographique

p. 15 : R. Fauconnier ; p. 25 : G. Trébuil ; p. 33 : D. Jones, © Inibap ; p. 41 : B. Faye ; p. 49 : R. Letouzey ;
p. 59 : J. Muchnik ; p. 65 : V. Ribier

Production, maquette et fabrication

Délégation à l'information scientifique et technique
Service des éditions

Avec la participation du service de valorisation du Cirad-tera

Impression

Svi-Publicep, 34 Montpellier

Dépôt légal 2^e trimestre 1998
Cet ouvrage est également publié en anglais



**Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement**

42, rue Scheffer
75116 Paris
France